

НИТРАТЫ И НИТРИТЫ В МОРКОВИ БЕЛОРУССКОЙ ЗОНЫ ПРОИЗРАСТАНИЯ

Nitrate ion is ubiquitous in the environment arising from sources such as fertilisers and release from decaying vegetation. Nitrate is therefore present in almost all vegetables we eat, and it is not therefore a "new" chemical contaminant (unlike for example PCBs) but one to which man has been exposed throughout evolution. A number of factors are known to influence nitrate concentrations in vegetables, including length of storage, season, light intensity and temperature. The significance of nitrate to human health derives primarily from the fact that nitrate can be converted *in vivo* to the nitrite ion, although there are some concerns about nitrate itself. That is why, the subject-matter of this work is the investigate concentration of nitrate/nitrite ion in the carrote growing from Republic of Belarus.

Введение. Нитраты (соли азотной кислоты) широко распространены в природе. Они содержатся в почве, воде, входят в состав растений, являются продуктами обмена веществ организма человека и животных. Естественное содержание нитратов в объектах окружающей среды, как правило, невелико [1–4]. Однако химизация сельского хозяйства, т. е. интенсивное применение минеральных азотсодержащих удобрений, привела к увеличению содержания нитратов в растительных пищевых продуктах. Это явилось причиной роста их нагрузки на организм человека, что увеличивает вероятность угрозы неблагоприятного воздействия на здоровье населения [5–6].

Токсическое действие нитратов на организм человека связано с их восстановлением до нитритов под влиянием микрофлоры пищеварительного тракта и тканевых ферментов [7–10]. Нитриты примерно в 10 раз токсичнее нитратов и при определенных условиях могут переходить в них. Опасность нитритов, кроме того, усугубляется их способностью образовывать со вторичными аминами N-нитрозамины, которые оказывают канцерогенное действие [6, 8].

Многочисленные исследования, проведенные в 70–90-х гг. XX в., доказали зависимость количественного содержания нитратов и нитритов в овощном сырье от ряда экологических и агротехнических факторов [10–18]. Вместе с тем современное производство овощной продукции характеризуется новыми агротехническими приемами – селекция новых ботанических сортов, изменение климатических условий региона выращивания и внедрение новых технологий переработки сырья, что в свою очередь, требует комплексных исследований в этой области.

Из всего многообразия овощного сырья особое значение приобретает морковь, которая благодаря своим питательным и лечебным свойствам [19, 20] является популярным овощным сырьем, употребляемым населением Республики Беларусь как в свежем, так и в переработанном виде.

В связи с этим целью настоящей работы была количественная оценка содержания нитратов

и нитритов в моркови, реализуемой на продовольственном рынке Республики Беларусь.

Материалы и методы исследований. Объектом исследования были корнеплоды моркови разных геометрических размеров (табл. 1) и ботанических сортов (Шантане, Нантская, Лосиноостровская, Долянка, Московская и Рига), выращенные в различных регионах Республики Беларусь в период с 2001 по 2005 г.

Содержание нитратов и нитритов определяли в свежесобранной, т. е. при закладке на хранение, и хранившейся в течение от 1 до 5 месяцев моркови.

Таблица 1

Классификация корнеплодов моркови в зависимости от их геометрических размеров

Категория корнеплодов	Геометрические размеры, мм	
	Поперечный диаметр	Длина
Мелкие	20–28	100–135
Средние	29–40	136–160
Крупные	41–55	161–185

Отбор образцов моркови для исследований осуществляли в соответствии с требованиями СТБ 1036 [21] по следующей схеме: от каждой партии корнеплодов отбирали объединенную пробу, состоящую не менее чем из 12 точечных проб, методом двойного конверта. Выборки использовали для составления средней пробы, из которой путем сокращения отбирали лабораторную пробу.

Всего было исследовано 112 образцов свежесобранной моркови и 156 образцов, отобранных в процессе ее хранения.

Определение содержания *нитратов* осуществляли стандартными методами по ГОСТ 29270 [22]:

1) ионометрическим, основанным на извлечении нитратов из анализируемого материала раствором алюмокалиевых квасцов с последующим измерением их концентрации в полученной вытяжке с помощью ионселективного нитратного электрода.

Нижний предел обнаружения нитратов – 6 мг на 1 дм³ анализируемого раствора. Предел надежного определения нитратов в анализируемой пробе – 12 мг/кг [23];

2) фотометрическим, основанным на экстракции нитратов водой, очистке экстракта, восстановлении нитратов до нитритов на кадмиевой колонке с последующим фотометрическим измерением интенсивности окраски азосоединения, образующегося при взаимодействии нитритов с ароматическими аминами.

Нижний предел обнаружения нитратов – 0,03 мг на 1 см³ колориметрируемого раствора. Нижний предел определения нитратов в анализируемой пробе – 1,5 мг NO₃/кг [23].

Фотометрический метод, учитывая его более высокую чувствительность, применяли для определения содержания нитратов в образцах с их низкой концентрацией (до 100 мг/кг).

Количественное определение *нитритов* осуществляли фотометрическим методом. Метод основан на экстрагировании нитритов водой, очистке экстракта и фотометрическом измерении интенсивности окраски, образующейся при взаимодействии нитрит-иона с ароматическими аминами. Реакция специфична для нитритов и протекает в две стадии: а) диазотирование нитрит-иона в кислой среде сульфаниловой кислотой или ее производными; б) взаимодействие диазосоединения с нафтиламином и образование окрашенного азосоединения [24].

Нижний предел обнаружения нитритов – 0,2 мг NO₂ на 1 см³ колориметрируемого раствора. Нижний предел определения нитритов в анализируемой пробе – 0,5 мг NO₂/кг [23].

Результаты исследований и их обсуждение. Результаты определения содержания нитратов в свежесобранной и хранившейся корнеплодах моркови урожая 2001–2005 гг. показали, что оно колебалось в широком диапазоне: от 30,0 до 1423,0 мг/кг.

При этом на долю стандартных образцов (содержание нитратов не более 200 мг/кг [25]) пришлось 51,7%, чуть меньше четверти всех исследованных проб (23,7%) содержали нитраты в количестве от 200 до 300 мг/кг. Образцы моркови с содержанием нитратов от 300 до 1423 мг/кг составляли 24,6% всех исследованных нами проб (рис. 1).

При анализе особенностей распределения содержания нитратов в моркови в зависимости от продолжительности ее хранения (рис. 2) нами было отмечено следующее. Стандартные образцы (содержание нитратов до 200 мг/кг) составляли 61,2% от всех исследованных образцов свежесобранной моркови и 43,8% хранившейся, пробы с концентрацией нитратов 200–300 мг/кг – 21,5 и 25,8% соответственно.



Рис. 1. Гистограмма распределения содержания нитратов в моркови

На долю образцов моркови с содержанием нитратов от 300 до 1423,0 мг/кг приходилось 17,3% свежесобранной и 30,4% хранившейся корнеплодов моркови.

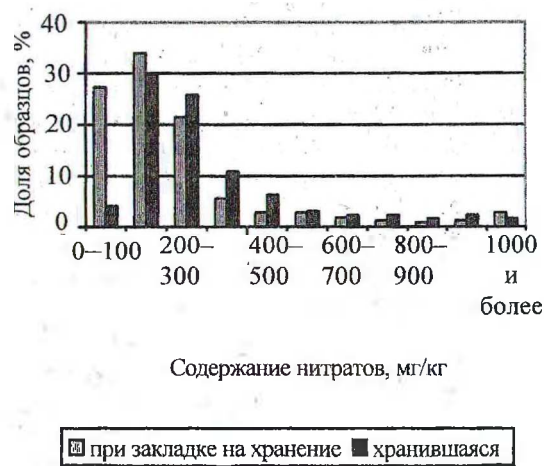


Рис. 2. Гистограмма распределения содержания нитратов в моркови при закладке и в процессе хранения

Результаты исследований содержания нитратов в моркови разных ботанических сортов представлены в табл. 2 и свидетельствуют о следующем.

Таблица 2
Обобщенные данные по содержанию нитратов в моркови разных ботанических сортов

Ботанический сорт моркови	Количество образцов, шт.	Пределы колебаний	Среднее содержание, мг/кг
Нантская	124	42–847	537,2
Лосиноостровская	30	52–1423	267,2
Шантане	76	36–440	158,8
Долянка	90	38–362	151,2
Московская	88	40–423	181,3
Рига	64	100–1328	418,0

Такие сорта моркови, как Шантане, Долянка и Московская, обладали сравнительно низкой способностью к накоплению нитратов (максимальная концентрация составила 440, 362 и 423 мг/кг соответственно).

В отличие от них, в моркови сортов Нантская, Лосиноостровская и Рига, содержание нитратов в отдельных пробах достигало 847, 1423 и 1328 мг/кг соответственно.

Сравнение средних значений содержания нитратов в моркови разных ботанических сортов в зависимости от продолжительности ее хранения (табл. 3) свидетельствовало о том, что исследуемый показатель безопасности в свежесобранных образцах моркови был ниже в 1,1–2,5 раза по сравнению с хранившимися образцами.

Таблица 3
Среднее содержание нитратов в моркови разных ботанических сортов при закладке и в процессе хранения

Ботанический сорт моркови	Среднее содержание нитратов в моркови, мг/кг	
	при закладке на хранение	хранившейся
Нантская	251,3	277,2
Лосиноостровская	615,5	419,6
Шантане	140,3	177,4
Долянка	143,1	159,5
Московская	136,9	215,0
Рига	218,3	554,5

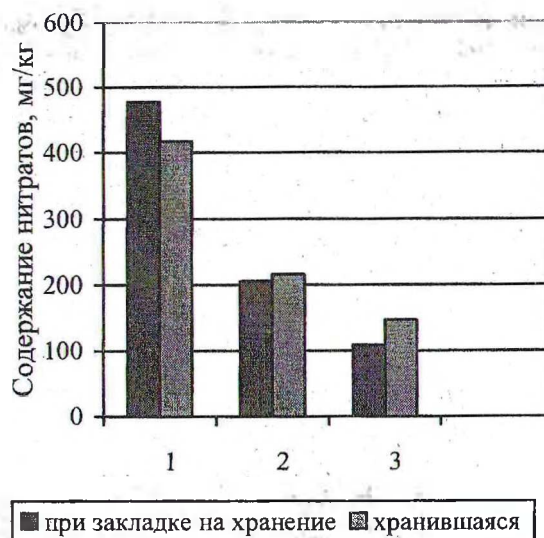
Средние значения содержания нитратов в моркови разных геометрических размеров представлены в табл. 4 и на рис. 3. Очевидно, что с увеличением поперечного диаметра и длины корнеплодов моркови, независимо от ее ботанического сорта, концентрация нитратов в исследуемых пробах возрастала.

Таблица 4
Обобщенные данные по содержанию нитратов в моркови разных размеров и ботанических сортов

Категория корнеплодов	Содержание нитратов, мг/кг		
	Нантская	Долянка	Московская
Крупная	431,3	—	—
Средняя	220,8	190,6	220,8
Мелкая	143,5	113,4	129,2

Примечание. «—» – крупные экземпляры моркови данного сорта отсутствовали.

Аналогичная зависимость выявлена нами и при анализе уровня содержания нитратов в моркови разных геометрических размеров при закладке и в процессе ее хранения (рис. 3).



Цифрами указаны категории моркови: 1 – крупная; 2 – средняя; 3 – мелкая

Рис. 3. Среднее содержание нитратов в моркови разных размеров при закладке и в процессе хранения

Кроме того, согласно полученным результатам (рис. 3), нами установлено, что уровень содержания нитратов в мелких и средних корнеплодах для хранившейся моркови превышал соответствующее значение показателя для свежесобранных образцов той же категории. В то же время, в крупных корнеплодах, представленных преимущественно образцами моркови сорта Нантская, было выявлено снижение уровня нитратов в процессе их хранения на 23%.

Таким образом, в ходе исследования содержания нитратов в моркови, реализуемой на продовольственном рынке Республики Беларусь, нами были получены следующие результаты:

- 1) более 60% образцов свежесобранной моркови соответствовало требованиям законодательства по содержанию нитратов;
- 2) в 7,5% образцов моркови содержание нитратов в 2 раза и более превышало установленный в соответствующих документах [25] норматив;
- 3) в процессе хранения моркови происходило некоторое увеличение концентрации нитратов, что может быть связано с окислением аммония, образованного в результате распада белков данного вида растительного сырья [26, 27];
- 4) при увеличении геометрических размеров корнеплодов (поперечного диаметра – от 20 до 55 мм и длины – от 100 до 185 мм) содержание нитратов в моркови возрастало;
- 5) для промышленной переработки, особенно при производстве продуктов детского

питания, наиболее оптимальным представляется использование моркови таких ботанических сортов, как Шантане, Долянка и Московская.

Как показали результаты наших исследований, нитриты были обнаружены только в 60% всех изученных образцов моркови в концентрациях от 0,5 до 1,32 мг/кг. При этом на долю стандартных проб (содержание нитритов не более 1 мг/кг [28]) пришлось 94% образцов моркови (рис. 4).

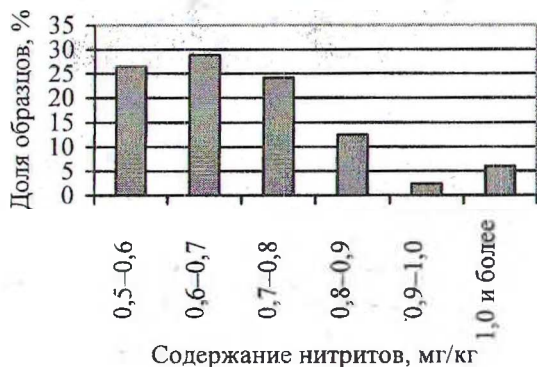


Рис. 4. Гистограмма распределения содержания нитритов в моркови

Сравнительные данные по содержанию нитритов в моркови разных ботанических сортов при закладке и в процессе хранения представлены в табл. 5.

Из данных табл. 5 видно, что в свежесобранных образцах моркови, независимо от ее ботанического сорта, содержание нитритов было в 1,2 раза ниже данного показателя в хранившейся моркови.

Таблица 5
Среднее содержание нитритов в моркови разных ботанических сортов при закладке и в процессе хранения

Ботанический сорт моркови	Среднее содержание нитритов в моркови, мг/кг	
	при закладке на хранение	хранившейся
Лосиноостровская	0,63	0,68
Нантская	0,63	0,75
Шантане	0,62	0,66
Рига	0,6	1,1

Таким образом, результаты наших исследований свидетельствовали о том, что в моркови белорусской зоны произрастания при закладке ее на хранение содержание нитритов не превышало ПДК, установленной Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ). Однако в процессе хранения корнеплодов возможно увеличение данного показателя безопасности выше установленного допустимого значения.

В связи с этим производителям продуктов из моркови в собственной системе мониторинга качества и безопасности следует предусмотреть проведение оценки риска появления нитритов в готовой продукции.

Выводы. На основании полученных нами результатов можно сделать следующие выводы:

- контроль содержания нитратов в моркови необходимо осуществлять не только при закладке ее на хранение [21], но и в процессе хранения;

- поставку моркови на перерабатывающие предприятия целесообразно осуществлять отдельно по ботаническим сортам и с учетом геометрических размеров, особенно это важно при производстве консервированных продуктов для детского питания.

Литература

1. Покровская, С. Ф. Пути снижения нитратов в овощах / С. Ф. Покровская. – М., 1988. – 61 с.
2. Андрищенко, В. К. Нитраты в овощах и пути их снижения / В. К. Андрищенко. – Кишинев, 1983. – 53 с.
3. Войтовская, Г. А. Пути снижения накопления нитратов в клубнях картофеля и плодово-овощной продукции / Г. А. Войтовская. – Воронеж: Гос. аграрный ин-т им. К. Д. Глинки, 1989. – 48 с.
4. Нитратная проблема и пути ее решения. – М., 1990. – 43 с.
5. Жукова, Г. Ф. Методы определения нитратов и нитритов в пищевых продуктах / Г. Ф. Жукова. – М.: ВНИИТЭИагропром, 1989. – 33 с.
6. Гигиенические критерии состояния окружающей среды – нитраты, нитриты и N-нитрозосоединения. – Женева: ВОЗ, 1981. – 95 с.
7. Health aspects of nitrate and its metabolites (particularly nitrite). International workshop Bilthoven (Netherlands), 8-10 November 1994. – Council of Europe Press, 1995. – 325 с.
8. Пищевая химия / под ред. А. П. Нечаева. – СПб.: ГИОРД, 2001. – 575 с.
9. Kilgore, L. Nitrate content of beets, collards, turnip greens / L. Kilgore, A. R. Stasch, V. T. Barrentine // Jour. of the Amer. Diet. Assoc. 1963. – Vol. 43, № 1. – P. 39-42.
10. Тулупов, В. П. Токсико-гигиеническая оценка нитратов в пищевых продуктах / В. П. Тулупов, Е. И. Приходько, Э. И. Фомиченко // Вопросы питания. – 2001. – № 2. – С. 32-34.
11. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений / под ред. Н. Н. Третьякова. – М.: Колос, 2000. – 639 с.
12. Опополь, Н. И. Нитраты / Н. И. Опополь, Е. В. Добрянская. – Кишинев, 1986. – 116 с.

13. Соколов, О. А. Все о нитратах / О. А. Соколов. – М., 1992. – 56 с.
14. Колодязная, В. С. Содержание нитратов в моркови при выращивании и хранении / В. С. Колодязная, А. В. Морозова // Консервная и овощесушильная промышленность. – 1983. – № 8. – С. 24.
15. Пути улучшения качества и сохраняемости пищевых продуктов: межвуз. сб. науч. тр. / Е. Э. Флоринская [и др.]. – Ленинград, 1988. – С. 31–35.
16. Гончаренко, В. Е. Влияние удобрений на содержание нитратов в овощебахчевой продукции / В. Е. Гончаренко // Агрехимия. – 1986. – № 6. – С. 67.
17. Nitrate accumulation in vegetables / N. H. Peck [et al.] // Agron. Jour. – 1971. – Vol. 63, № 1. – P. 130–132.
18. Venter, F. Nitrate contents in carrots as influenced by fertilization / F. Venter // Acta Hortic. – 1979. – № 1. – P. 163–177.
19. Популярная медицинская энциклопедия / под ред. В. И. Покровского. – М.: Советская энциклопедия, 1991. – 691 с.
20. Киприянов, Н. А. Экологически чистое растительное сырье и готовая пищевая продукция / Н. А. Киприянов. – М.: Агар, 1997. – 175 с.
21. Продукты пищевые и продовольственное сырье. Методы отбора проб для определения показателей безопасности: СТБ 1036–97. – Введ. 01.07.2000. – Минск: Госстандарт, 2000. – 68 с.
22. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения нитратов: ГОСТ 29270–95. – Взамен ГОСТ 29270–91; введ. 01.07.1997. – Минск: Госстандарт, 1995. – 24 с.
23. Руководство по методам анализа качества и безопасности пищевых продуктов / под ред. И. М. Скурихина, В. А. Тутельяна. – М.: Медицина, 1998. – 341 с.
24. Методические указания по определению нитратов в продукции растениеводства. № 5048–89. – М.: Минздрав СССР, 1989. – 19 с.
25. Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов: Санитарные правила и нормы СанПиН 11 63 РБ 98. – Взамен Медико-биологических требований и санитарных норм качества продовольственного сырья и пищевых продуктов, утвержденных МЗ СССР от 01.08.89; введ. 01.08.99. – Минск: Госстандарт Респ. Беларусь, 2000. – 220 с.
26. Радиация, нитраты и человек / М. И. Федюкович [и др.]. – Минск: Ураджай, 1998. – 112 с.
27. Гайлите, М. Еще раз о нитратах / М. Гайлите, М. Гайлитис. – М.: Наука и мы, 1990. – 34 с.
28. Измеров, И. Ф. Нитриты / И. Ф. Измеров. – М.: Химия, 1983. – 56 с.