

Т. М. Шачек, ассистент; З. Е. Егорова, доцент, канд. техн. наук

ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ НИТРАТОВ В ПРОЦЕССЕ ХРАНЕНИЯ КОРНЕПЛОДОВ МОРКОВИ

Nitrate are currently a major environmental and public health problem. 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 subject-matter of this work is the investigate concentration of nitrate ion in the carrot various botanical sort and size, which storage from different condition.

Введение. Хранение овощей – важный технологический процесс, от эффективности которого зависит бесперебойное снабжение в зимне-весенний период населения Республики Беларусь ценным источником витаминов и минеральных веществ, а перерабатывающих предприятий – качественным сырьем для производства разнообразной продукции.

В процессе хранения должны быть решены следующие задачи:

- 1) обеспечение безопасности овощного сырья на протяжении всего периода хранения;
- 2) сокращение количественных потерь хранящегося сырья;
- 3) снижение потерь питательных веществ, в том числе и биологически активных.

И если последние две задачи успешно решаются в хозяйствах и предприятиях, осуществляющих хранение овощного сырья, то проблема обеспечения безопасности до сих пор остается актуальной. Это подтверждается многочисленными научными публикациями. При этом особое внимание уделено изучению влияния различных факторов, в том числе режимов хранения, на накопление нитратов в овощах [1–13].

Согласно данным А. Ф. Доронина, С. Ф. Покровской, Н. Н. Букатарь, Vozena Sozanka, Elżbieta Sikora, J. Siciliano и др., в процессе хранения моркови концентрация нитратов снижалась в пределах от 25 до 62% относительно исходного уровня [1–7].

Вместе с тем Ф. Снаеги и др. на протяжении восьми месяцев хранения моркови наблюдали увеличение концентрации рассматриваемого ксенобиотика [8]. Увеличение уровня нитратов в хранящейся моркови отмечалось также в работах В. С. Колодязной и М. И. Федюковича [4, 9].

Кроме того, результаты, полученные О. И. Цыганенко с соавт. [10] на основании ежемесячных исследований уровня нитратов в хранящейся моркови, свидетельствовали о циклических колебаниях ксенобиотика, а именно: снижении в январе и феврале и увеличении в декабре и марте. Аналогичные данные были получены также исследователями М. Crobelna и S. Skucinski [11].

Влияние температуры окружающей среды на динамику нитратов в процессе хранения морко-

ви изучали ученые Чехословакии и Японии, которые обнаружили, что при повышении температуры в пределах 20–28°C содержание нитратов резко увеличивалось уже через 24 ч [12].

Данные о влиянии исходного уровня нитратов в моркови на их динамику приведены в работе Е. Racz [13], в которой отмечалось, что при первоначально высоком уровне снижение концентрации ксенобиотика к концу периода хранения было максимальным. Вместе с тем в моркови со средним исходным уровнем нитратов концентрация данного ксенобиотика практически не изменялась в процессе хранения корнеплодов.

Информация об изменении содержания нитратов в хранившихся корнеплодах разных ботанических сортов и геометрических размеров в изученной нами литературе отсутствует.

Таким образом, имеющаяся к настоящему времени информация о динамике нитратов в овощах при их хранении носит фрагментарный, а иногда и противоречивый характер. Поэтому необходимы дополнительные исследования факторов, влияющих на изменение уровня данного ксенобиотика в хранящемся овощном сырье.

Целью данной работы было изучение динамики содержания нитратов в процессе хранения корнеплодов моркови.

Материалы и методы исследований. Объектом исследования служила морковь разных геометрических размеров [14] и ботанических сортов – Витаминная 6, Долянка, Московская, Нантская, Рига и Шантане, выращенная сельскохозяйственными предприятиями Минской, Брестской и Витебской областей в 2001–2006 гг.

Всего было исследовано 54 образца свежееубранной и 218 образцов хранившейся моркови.

Отбор образцов для исследований осуществляли в соответствии с СТБ 1036 [15] и ГОСТ 26313 [16].

От каждой партии плодоовощного сырья, в том числе в процессе его хранения, отбирали отдельную объединенную пробу, состоящую из не менее 12 точечных проб, методом двойного конверта.

Выборки, взятые по вышеописанным методам, использовали для составления средней

пробы, из которой путем сокращения отбирали лабораторную пробу.

Периодичность отбора проб варьировалась в пределах 26–28 дней. Для изучения влияния повышенных температур окружающей среды на динамику нитратов моркови в процессе хранения отбор образцов осуществляли с периодичностью 14 дней.

Для определения содержания нитратов использовали стандартные методы по ГОСТ 29270 [17]:

1) ионометрический, основанный 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 [18];

2) фотометрический, основанный 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 [18].

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

Все результаты измерений, полученные в процессе экспериментальных исследований, приведены в соответствие с Международной системой единиц и обработаны статистически согласно основным требованиям, предъявляемым к описательной статистике [19].

Для изучаемого показателя безопасности определяли средние арифметические значения (x_{cp}), среднее квадратическое отклонение (S_x) и среднюю ошибку ($S_{x(cp)}$).

Оценку достоверности различий между двумя выборочными совокупностями проводили по t-критерию Стьюдента при значимости $p > 95\%$ [19].

Кривые, отражающие динамику в процессе хранения моркови, строили по данным, рассчитанным с вероятностью достоверности $p = 0,95$. С этим же уровнем вероятности рассчитаны все статистические характеристики, приведенные в работе.

Результаты исследований. Изменение содержания нитратов в моркови с разными сроками хранения в стандартных условиях. Ре-

зультаты, полученные в ходе исследования содержания нитратов в моркови ботанических сортов, традиционно выращиваемых на территории Республики Беларусь, хранившейся не более 2 мес при температуре 0–1°C, представлены на рис. 1.

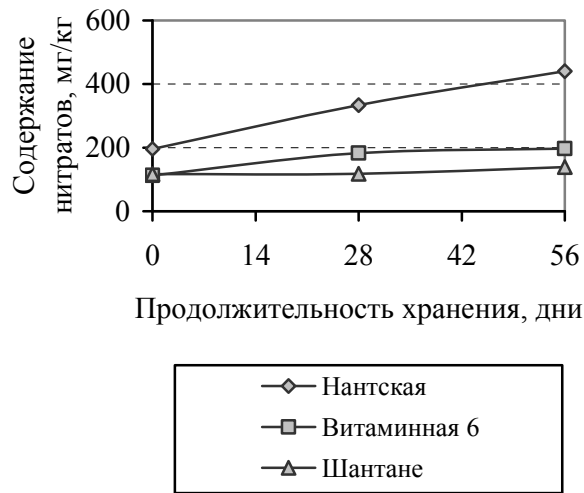


Рис. 1. Динамика содержания нитратов в процессе хранения моркови сортов Витаминная 6, Нантская и Шантане при температуре 0–1°C

Из данных рис. 1 видно, что исходная концентрация нитрат-ионов в исследуемых образцах моркови сортов Витаминная 6, Шантане, Нантская составляла 113, 117 и 196 мг/кг соответственно.

Достоверно, с вероятностью не менее 0,95, установлено, что на протяжении всего периода хранения, длившегося 56 дней, содержание нитратов возрастало во всех исследуемых образцах моркови, причём интенсивность данного процесса была выше в корнеплодах моркови сорта Нантская, исходный уровень ксенобиотика в которой был наибольшим. По окончании периода хранения (декабрь) содержание нитратов в образцах моркови сортов Витаминная 6, Шантане и Нантская составило 197, 140 и 440 мг/кг соответственно, что в свою очередь, превысило исходный уровень в 1,7, 1,2 и 2,2 раза.

Полученные результаты подтверждают данные В. С. Колодязной, М. И. Федюковича и О. И. Цыганенко об увеличении уровня нитратов в хранящейся моркови [4, 9–10].

Повышенная интенсивность накопления нитратов при хранении корнеплодов с высоким исходным уровнем ксенобиотика, установленная в ходе исследований, согласуется с данными, полученными Е. Racz [13].

Результаты, полученные в ходе исследования содержания нитратов в моркови новых ботанических сортов, хранившейся в течение

4 мес в аналогичных условиях, представлены на рис. 2.

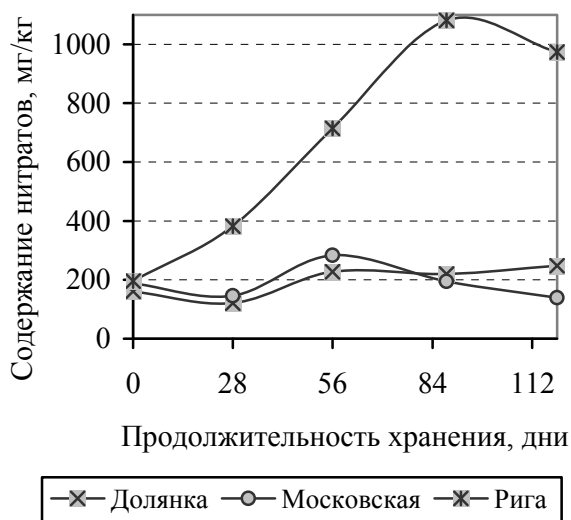


Рис. 2. Динамика содержания нитратов в процессе хранения моркови сортов Долянка, Московская и Рига при температуре 0–1°C

Несмотря на близость значений исходной концентрации нитрат-ионов в исследуемых образцах моркови сорта Долянка, Московская и Рига перед закладкой на хранение (октябрь) – 161, 188, 195 мг/кг соответственно, характер динамики нитратов отличался для каждого из них.

Так, в образцах моркови сорта Рига уровень нитратов возрастал на протяжении всего периода хранения – 119 дней (рис. 2). В то же время результаты исследований динамики данного ксенобиотика в процессе хранения образцов моркови Долянка и Московская свидетельствовали о циклических изменениях, а именно: снижении в ноябре и январе и возрастании в декабре и феврале (рис. 2).

Таким образом, по окончании периода хранения корнеплодов концентрация нитрат-ионов составила 248, 974 и 138 мг/кг в моркови сортов Долянка, Рига и Московская, что свидетельствовало о достоверном возрастании исходного уровня данного ксенобиотика в первых двух образцах в 1,5 и 5,0 раза соответственно и снижении в 1,4 раза в последнем (рис. 2).

Следует также отметить, что в процессе хранения 100% образцов моркови различных ботанических сортов наибольшая интенсивность увеличения уровня нитратов, в пределах 41–365% от исходного содержания, наблюдалась в период с ноября по декабрь.

Представленные выше результаты подтверждают данные исследователей О. И. Цыганенко [10] и М. Crobelna [11] о циклических колебаниях ксенобиотика в хранящейся моркови.

Кроме того, выявленные в ходе наших исследований существенные различия в динамике нитратов при хранении моркови сортов Долянка, Московская и Рига, согласно данным [9], могут быть обусловлены сортовыми особенностями протекания биохимических изменений в корнеплодах при их хранении.

Изменение содержания нитратов в моркови в процессе ее хранения при различных условиях окружающей среды. Сравнительный анализ данных, полученных при определении нитратов в моркови Витаминная 6, хранившейся при разных температурных режимах – 0–1; (5 ± 1) и (15 ± 1)°C (рис. 3), свидетельствовал о следующем.

Значительное возрастание исходного уровня нитратов (113 мг/кг) на первом этапе хранения моркови (в течение 12 дней) было выявлено для всех корнеплодов, хранившихся при 0, 5 и 15°C, и составило 54,8, 26,0 и 54,8% соответственно (рис. 3).

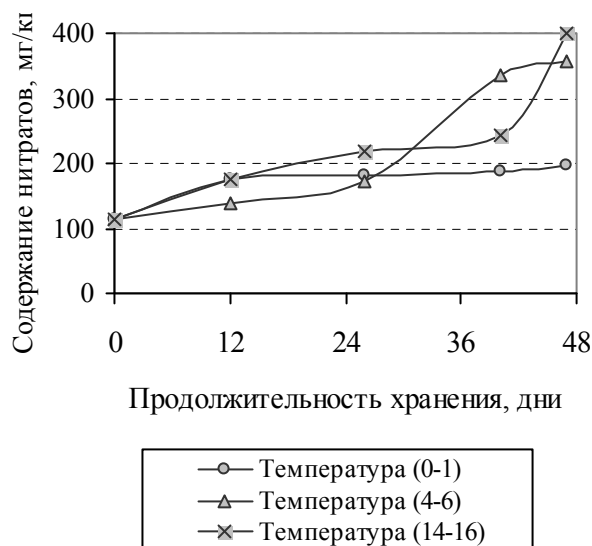


Рис. 3. Изменение содержания нитратов в процессе хранения моркови при разных температурных режимах

Установлено, что содержание нитратов в процессе хранения моркови при температуре 0°C в течение последующих 35 дней практически не изменилось и к концу исследуемого периода (через 47 дней) составило 197 мг/кг, что превышало исходный уровень в 1,7 раза.

В то же время, в моркови, хранившейся при повышенных температурах, содержание нитратов возрастало на протяжении всего исследуемого периода хранения (рис. 3). Так, через 26 дней в моркови, хранившейся при 5°C, исходный уровень возрос на 53%, а в моркови, хранившейся при 15°C, – уже на 94%. При этом наибольшая интенсивность накопления нитратов в первой (93,1%) была установлена в период ее

хранения с 26 по 40 день, а во второй (65,7%) – с 40 по 47 день хранения (рис. 3).

Таким образом, достоверно установлено, что в ходе хранения корнеплодов моркови при повышенных температурах (5 и 15°C) исходный уровень нитратов в ней возрос в 3,1 и 3,5 раза соответственно (рис. 3).

Следовательно, в ходе экспериментальных исследований доказано, что интенсивность накопления нитратов в моркови возрастает с увеличением температуры ее хранения.

Представленные выше результаты подтверждают сведения о влиянии температуры хранения моркови на накопление в ней нитратов, приведенные в работе К. Nagai [13].

Изменение содержания нитратов в моркови разного размера при ее хранении в стандартных условиях. Результаты исследования содержания нитратов в процессе хранения моркови разных геометрических размеров, представленные на рис. 4, свидетельствуют о более низком уровне содержания ксенобиотика в мелких корнеплодах сорта Долянка и Московская (110 и 146 мг/кг) в сравнении с корнеплодами среднего размера, концентрация NO_3^- в которых составила 211 и 231 мг/кг соответственно.

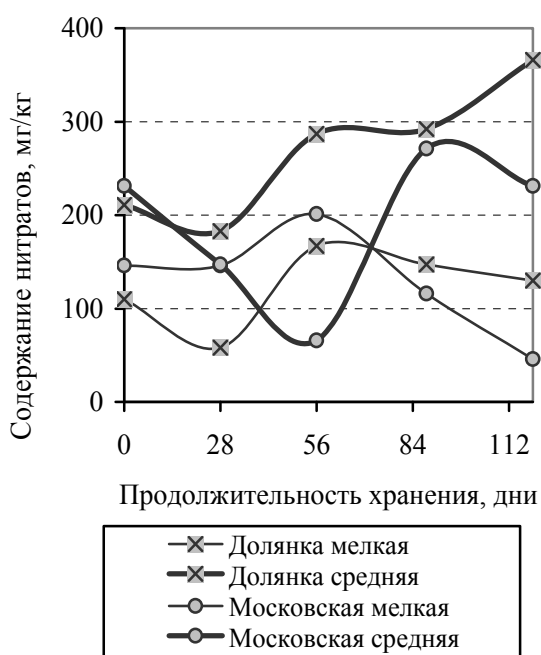


Рис. 4. Динамика содержания нитратов в процессе хранения корнеплодов моркови разного размера

Из данных рис. 4 видно, что уровень нитратов в процессе хранения исследуемых образцов изменялся циклично, а именно: снижался в течение первых 28 дней хранения (ноябрь), а затем увеличивался, достигая через 56 дней хранения (декабрь) максимального значения для 73% исследуемых образцов – 287 мг/кг для моркови среднего размера сорта Долянка,

366 мг/кг для моркови того же размера сорта Московская и 166,8 мг/кг для моркови мелкого размера сорта Долянка.

В ходе дальнейшего хранения моркови, в течение 63 дней, содержание нитратов снижалось во всех мелких корнеплодах, а в средних по-прежнему изменялось циклично (рис. 4).

Таким образом, к концу периода хранения (февраль) в мелких корнеплодах сорта Московская содержание нитратов достоверно снизилось в 3,1 раза – 46,0 мг/кг, а в средних корнеплодах того же сорта сохранилось на прежнем уровне.

В тоже время с достоверностью не менее 0,95 установлено, что в мелких и средних корнеплодах моркови сорта Долянка исходный уровень нитратов возрос в 1,2 и 1,7 раза и составил 130,5 и 365,7 мг/кг соответственно.

Полученные в ходе экспериментальных исследований результаты согласуются с данными О. И. Цыганенко и соавт., указывающими на цикличность изменения уровня нитратов в процессе хранения моркови и, в частности, на значительное их увеличение в декабре [10].

Кроме того, графический материал, представленный на рис. 4, свидетельствует о более интенсивных колебаниях уровня нитратов в моркови среднего размера (до 74%) по сравнению с мелкими корнеплодами, при хранении которых изменения концентрации данного ксенобиотика не превышали 47% относительно исходного уровня. Приведенные выше результаты подтверждают данные о влиянии исходного уровня нитратов в моркови на их динамику в процессе хранения, опубликованные в работе E. Racz [13].

Заключение. Результаты исследований, полученные в ходе изучения содержания нитратов в хранившейся моркови, позволяют сделать следующие выводы:

- характер динамики нитратов в процессе хранения моркови (снижение или возрастание) определяется сортовыми особенностями корнеплодов;

- при повышении температуры хранения корнеплодов в моркови возрастала концентрация нитрат-ионов, что, согласно данным М. И. Федюковича [9], могло быть обусловлено увеличением интенсивности процессов распада сложных органических соединений с образованием более простых, в том числе и нитратов;

- амплитуда колебаний уровня нитратов в процессе хранения моркови возрастала с увеличением размеров корнеплодов и/или исходного уровня NO_3^- .

Литература

1. Доронин, А. Ф. Влияние условий и сроков хранения на содержание нитратов в плодово-овощной продукции / А. Ф. Доронин, С. Н. Панфилова, Ю. И. Иванова // Хранение и перера-

ботка сельскохозяйственного сырья. – 1995. – № 6. – С. 55–56.

2. Покровская, С. Ф. Пути снижения нитратов в овощах / С. Ф. Покровская. – М.: Агропромиздат, 1988. – 61 с.

3. Изменение химического состава овощей при хранении / Н. Н. Букачарь [и др.] // Ассортимент и качество товаров: тем. сб. науч. трудов. – Киев, 1979. – С. 90.

4. 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.

5. Sozanka, B. Badania nad kształtowaniem się pozostałości azotynów i azotanów w marchwi w zależności od warunków przechowywania / B. Sozanka // Pr. Inst. i Lab. bad. przem. spoż. – 1990. – Vol. 42. – P. 101–112.

6. Sikora, E. Wpływ niektórych czynników na zawartość azotanów i azotynów w korzeniach marchwi i bulwach ziemniaka w czasie przechowywania. Cz. 1. Wpływ czasu i warunków przechowywania / E. Sikora, A. Miedzobrodzka // Bromatol. i Chem. toksykol. – 1988. – Vol. 21, № 4. – P. 257–262.

7. Siciliano, J. Nitrate and nitrite content of some fresh and processed marketed vegetables / J. Siciliano, S. Krulick, Jr. White // J. Agr. And Food Chem. – 1995. – V. 23, № 3. – P. 461–464.

8. Gnaegi, F. Conservation et qualité des carottes in bigenes / F. Gnaegi, G. Perraudin, J.-F. Schopfer // Rev. Suisse viticult., arboricult. et horticult. – 1977. – Vol. 9, № 4. – P. 15.

9. Радиация, нитраты и человек / М. И. Федюкович [и др.]. – Минск: Ураджай, 1998. – 112 с.

10. Гигиеническая оценка овощей с высоким содержанием нитратов при длительном хранении / Н. Б. Рымарь-Щербина [и др.] // Вопросы питания. – 1991. – № 6. – С. 42–45.

11. Crobelna, M. Zawartość azotanów i azotynów w wybranych warzywach z terenu województwa. Szczecińskiego / M. Crobelna, S. Skucinski // Rosz. Panst. zakl. hig. – 1983. – Vol. 34, № 5–6. – P. 10–12.

12. Nagai, K. Nitrate and nitrite in carrots. Nitrate and nitrite methods of analysis and levels in raw carrots? Processed carrots and in selected vegetables and grain products / K. Nagai // Sci. Repts Fac. Arg. I bakari Univ. – 1977. – № 25. – P. 19–21.

13. Racz, E. Sargarepa nitrattartalmanak meghatározása különböző analitikai módszerekkel / E. Racz, A. Csonka // Elem. Közl. – 1988. – Vol. 34, № 4. – С. 203–211.

14. Шачек, Т. М. Нитраты и нитриты в моркови белорусской зоны произрастания / Т. М. Шачек, З. Е. Егорова // Труды БГТУ. Сер. IV, Химия технология орган. в-в. – 2007. – Вып. XV. – С. 191–195.

15. Продукты пищевые и продовольственное сырье. Методы отбора проб для определения показателей безопасности: СТБ 1036–97. – Введ. 01.07.2000. – Минск: Госстандарт, 2000. – 68 с.

16. Продукты переработки плодов и овощей. Правила приемки, методы отбора проб: ГОСТ 26313–84. – Взамен ГОСТ 8756.0–70; введ. 01.07.1985. – М.: Госстандарт, 1985. – 4 с.

17. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения нитратов: ГОСТ 29270–95. – Взамен ГОСТ 29270–91; введ. 01.07.1997. – Минск: Госстандарт, 1995. – 24 с.

18. Руководство по методам анализа качества и безопасности пищевых продуктов / под ред. И. М. Скурихина, В. А. Тутельяна; Росс. Акад. наук, Ин-т питания. – М.: Медицина, 1998. – 341 с.

19. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – М.: Высшая школа, 1973. – 342 с.