



ХИМИЯ

Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2023. Т. 23, вып. 2. С. 128–137

Izvestiya of Saratov University. Chemistry. Biology. Ecology, 2023, vol. 23, iss. 2, pp. 128–137

<https://ichbe.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1816-9775-2023-23-2-128-137>

EDN: IISZJX

Научная статья

УДК 546.175+546.173:613.262

Определение нитратов в сырых овощах и продуктах их переработки

Е. О. Маркова , М. Ю. Дьяков

Смоленский государственный медицинский университет, Россия, 214019, г. Смоленск, ул. Крупской, д. 28

Маркова Екатерина Олеговна, кандидат биологических наук, доцент кафедры общей и медицинской химии, smeshik-kate@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4361-0824>

Дьяков Михаил Юрьевич, кандидат химических наук, доцент кафедры общей и медицинской химии, dyakov.mikhail@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2615-7674>

Аннотация. Количество нитросоединений техногенного происхождения в общем круговороте азота устойчиво возрастает, что приводит к увеличению нитратов в продуктах и увеличивает нитрат-нитритную нагрузку на организм человека. Целью исследования было определение содержания нитратов в сырых овощах и продуктах их переработки. В качестве объектов исследования были выбраны овощи с высоким (свекла, кинза, редис, лук зеленый), средним (кабачок, морковь, огурец) и низким содержанием нитратов (картофель, томат, лук репчатый). Для качественного определения нитратов проводили реакции с дифениламином, для количественного – ионометрическое определение рН-метром-иономером Экотест 2000 с использованием ионселективного электрода ЭКОМ-NO₃. В ходе исследования установлено, что содержание нитратов в овощах, поступающих в торговую сеть «Магнит», не превышает ПДК, за исключением редиса и кабачка. При приготовлении овощей в СВЧ-печи количество нитратов резко возрастает. При варке «до готовности» количество нитратов уменьшается, но увеличивается их количество в бульонах. При длительной термической обработке количество нитратов увеличивается, как в овощах, так и в бульонах. При замораживании и разморозке овощей в закрытой посуде наблюдается снижение нитратов, а при размораживании в открытой посуде уровень нитратов резко растет. Рекомендуется не использовать в процессе приготовления овощей СВЧ-печи; во время варки сливать воду и после этого проварить до готовности; готовые овощи в бульоне не оставлять из-за обратной адсорбции ионов; размораживать овощи в закрытой посуде.

Ключевые слова: нитраты, предельно допустимая концентрация

Для цитирования: Маркова Е. О., Дьяков М. Ю. Определение нитратов в сырых овощах и продуктах их переработки // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2023. Т. 23, вып. 2. С. 128–137. <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2023-23-2-128-137>, EDN: IISZJX

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

Determination of nitrates in fresh vegetables and their processed products

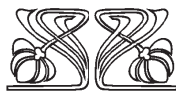
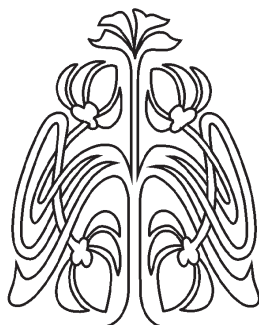
Е. О. Markova , М. Yu. Dyakov

Smolensk State Medical Academy of the Ministry of Health of the Russian Federation, 28 Krupskaya St., Smolensk 214019, Russia

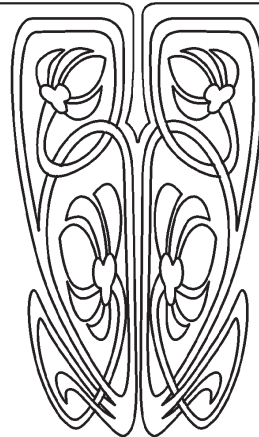
Ekaterina O. Markova, smeshik-kate@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4361-0824>

Michael Yu. Dyakov, dyakov.mikhail@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2615-7674>

© Маркова Е. О., Дьяков М. Ю., 2023



НАУЧНЫЙ
ОТДЕЛ





Abstract. The number of nitro compounds of the anthropogenic origin in the general nitrogen cycle is steadily increasing, which leads to an increase in nitrates in products and increases the nitrate-nitrite load on the human body. The aim of the study was to determine the amount of nitrates in raw vegetables and their processed products. Vegetables with high (beetroot, cilantro, radish, green onion), medium (zucchini, carrot, cucumber) and low nitrate content (potato, tomato, onion) have been selected as the objects of the study. For the qualitative determination of nitrates the reactions with diphenylamine have been carried out. For quantitative determination, the ionometric determination of the pH-meter-ionomer Ecotest 2000 has been carried out using an ion-selective electrode ECOM-NO₃. In the course of the study, it has been found out that the vegetables entering the Magnit retail chain do not exceed the MPC in terms of nitrate content, with the exception of the radish and zucchini. When cooking in a microwave oven the amount of nitrates increases dramatically. When cooking vegetables «until ready», the amount of nitrates in vegetables decreases, but their amount in broths increases. With prolonged heat treatment the amount of nitrates increases both in vegetables and in the broth. When freezing and defrosting vegetables in a closed container, a decrease in nitrates is observed, and when defrosting in an open container, the level of nitrates increases sharply. Thus it is recommended not to use a microwave oven during the cooking process. During boiling first drain the water, then pour in new one and boil until ready. Ready-made vegetables should not be left in the broth due to the reverse adsorption of ions. Vegetables should be defrosted in a closed container.

Keywords: nitrates, maximum permissible concentration

For citation: Markova E. O., Dyakov M. Yu. Determination of nitrates in fresh vegetables and their processed products. *Izvestiya of Saratov University. Chemistry. Biology. Ecology*, 2023, vol. 23, iss. 2, pp. 128–137 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2023-23-2-128-137>, EDN: IISZJX

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY 4.0)

Введение

Обеспечение химической безопасности пищи является одним из приоритетных направлений каждого государства. В основу создания Единых санитарно-эпидемиологических и гигиенических требований к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору Таможенного союза ЕАЭС, вступивших в действие в 2010 г., а также для технических регламентов Таможенного союза и Евразийской экономической комиссии легли следующие нормативные документы: СанПиН 2.3.2.1078-01, СанПиН 2.3.2.1293-03, ГН 1.2.1323-03, ГН 2.3.3.972-00 [1]. К приоритетным загрязнителям относятся токсичные элементы (свинец, кадмий, мышьяк, ртуть, никель и др.), микотоксины, пестициды, нитраты, нитриты и т.д. [2]. Существующие в РФ гигиенические нормативы по содержанию нитратов в овощах значительно ниже допустимой суточной дозы нитратов, установленной Объединенным комитетом экспертов Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН и ВОЗ. Так, например, ПДК нитратов для столовой свеклы составляет в Чехии 3500 мг, в Австрии – 3500 мг, в США – 3600 мг, в Голландии – 4000 мг при норме в РФ 1400 мг на 1 кг сырой массы [3]. В минимальном количестве нитраты существуют практически в каждом продукте. Нитраты широко используются в сельском хозяйстве как компоненты минеральных удобрений [4], что может приводить к их избыточному накоплению в почве, воде и растительной продукции [5]. В пищевой промышленности нитраты и нитриты используются в качестве консервантов и стабилизаторов окраски при изготовлении ряда пищевых продуктов, чаще всего мясных [6]. Нитраты обладают достаточно низкой токсично-

стью (LD₅₀ для мышей составляет 2500–5250 мг на 1 кг массы тела, для крыс – 3300–9000 мг на 1 кг массы тела, для кроликов – 1900–2680 мг на 1 кг массы тела). Нитриты приблизительно в 10 раз более токсичны, чем нитраты, кроме того, имеются экспериментальные доказательства канцерогенности нитритов, особенно в комбинации с аминсоединениями [7, 8]. Нитраты под воздействием фермента нитратредуктазы восстанавливаются до нитритов, которые взаимодействуют с гемоглобином крови. В результате образуется метгемоглобин, не способный переносить кислород, развивается тканевая гипоксия, накапливается молочная кислота, холестерин, и резко падает количество белка. Нитраты способствуют развитию патогенной кишечной микрофлоры, которая выделяет в организм человека токсины, в результате чего идет интоксикация. При длительном поступлении нитратов в организм человека уменьшается количество йода, что приводит к увеличению щитовидной железы. Установлено, что нитраты влияют на возникновение раковых опухолей в желудочно-кишечном тракте у человека. Нитраты способны вызывать резкое расширение сосудов, в результате чего понижается кровяное давление [9]. Особенно чувствительны к нитритам и нитратам дети, лица преклонных лет, беременные женщины, больные, страдающие заболеваниями дыхательной и сердечно-сосудистой систем [10, 11]. Таким образом, риски, связанные с повышенным содержанием нитратов и нитритов, требуют оценки их поступления из всех возможных источников.

Для определения нитратов используются различные аналитические методы: химические (гравиметрические и титриметрические); физико-химические (оптические, хроматографиче-



ские, электрохимические). Гравиметрические методы исследования используются редко. Примером является определение нитратов нитроном в кислой среде. Предел обнаружения нитрата в данной реакции – 0,4 мкг/мл, но определению мешают ионы Br^- , I^- , CrO_4^{2-} и др. Титриметрические методы определения нитрата основаны на его восстановлении до NH_3 , NO , NO_2 или гидроксилamina. Применяют методы косвенного и обратного титрования.

Фотометрический метод определения нитратов основан на экстрагировании их водой, очистке экстракта, количественном восстановлении нитратов в нитриты на кадмиевой колонке с последующим фотометрическим измерением интенсивности окраски азосоединения. Нижний предел обнаружения нитрат-иона в колориметрируемом растворе – 0,03 мг/мл, нижний предел надежного определения в анализируемой пробе – 1,5 мг/кг [12, 13]. Спектрофотометрические методы определения нитратов можно разделить на 4 группы: 1) нитрование ароматических органических соединений (особенно фенолов); 2) окисление органических соединений; 3) восстановление нитрат-ионов до нитрит-ионов; 4) поглощении нитратов в УФ-области спектра [14, 15]. Определение нитратов в питьевой воде проводят спектрофотометрически с 2,6-диметилфенолом, сульфосалициловой кислотой, хромотроповой кислотой, кадмиево-медной колонкой. Для пищевых продуктов широко применяется метод определения нитратов с предварительным восстановлением их до нитритов на кадмиевой колонке, стандартизированный в международных стандартах для молока, мяса, фруктов, овощей и продуктов их переработки. Но данный подход требует значительных затрат времени, использования токсичного металлического кадмия и контроля эффективности его восстанавливающей способности. При спектрофотометрическом определении нитрат-ионов в овощах с применением салицилата натрия в качестве нитрующего реагента с применением метода твердофазной экстракции на ионообменном картридже SAX предел обнаружения нитратов составил 18 мкг с линейным диапазоном до 1 мг при использовании объема пробы 5–10 мл [16].

Сущность ионометрического метода состоит в извлечении нитратов из анализируемого материала раствором алюмокалиевых квасцов и последующем измерении концентрации нитратов в полученной вытяжке с помощью ионоселективного электрода. Метод непригоден, если содержание хлоридов в анализируемом материале более чем в 25 раз превышает содер-

жание нитратов. Нижний предел обнаружения нитратов – 6 мг/л анализируемого раствора. Предел надежного определения нитратов в анализируемой пробе – 30 мг/кг. В последнее время разрабатываются электроды с более чувствительными мембранами, на потенциал которых не влияют фторид-, нитрит-, гидрокарбонат-, дигидрофосфат-, сульфат-ионы [17].

Хроматографический метод определения нитратов обладает высокой чувствительностью и достаточной точностью. Недостатком газохроматографического метода является влияние на результаты анализа сопутствующих веществ. Наличие галогенидов приводит к занижению результатов анализа, а загрязненность серной кислотой – к их завышению, причем оба влияния значимы и не поддаются оценке. Метод жидкостной хроматографии нашел широкое распространение в странах ЕС [18, 19]. Он не требует использования дополнительных реактивов для подготовки пробы, прост и удобен в применении [20]. Находит применение метод ионохроматографического анализа [21–23].

Среди перечисленных методов для определения нитратов в пищевых продуктах чаще всего применяются фотометрический и ионометрический методы. Фотометрический метод распространяется на все виды свежей и кулинарно-обработанной продукции, плодоовощные и растительно-мясные консервированные продукты, на все виды зерна и зернопродуктов, а также на все виды молока и молочных продуктов. Ионометрический метод является унифицированным количественным методом определения нитратов, предназначенный для серийных анализов свежей продукции растениеводства. В связи с этим мы использовали ионометрический метод определения нитратов.

Цель исследования: определение количества нитратов в сырых овощах, продуктах их переработки и разработка рекомендаций по характеру обработки овощей, приводящей к снижению содержания токсикантов.

Материалы и методы

По способности накапливать нитраты овощи делятся на 3 группы: 1) с высоким содержанием (до 5 000 мг/кг сырой массы): салат кочанный, шпинат, свекла, укроп, кинза, листовая капуста, редис, зеленый лук; 2) со средним содержанием (300–600 мг/кг): цветная капуста, кабачки, тыква, репа, редька, белокочанная капуста, хрен, морковь, огурцы; 3) с низким содержанием (10–80 мг/кг): брюссельская капуста, горох, щавель, фасоль, картофель, томаты, репчатый лук [24].



Для исследования были взяты несколько представителей овощей каждой группы, поставляемых фирмами в торговую сеть магазинов «Магнит» города Смоленска: 1-я группа – свекла, кинза, редис, лук зеленый; 2-я группа – кабачок, морковь, огурец; 3-я группа – картофель, томат, лук репчатый.

Определение нитратов проводилось:

1) в сырых овощах. Овощи промывали водой, вытирали чистой тканью, у корнеплодов срезали шейку и тонкий конец корня, у луковичных растений удаляли чешуи, срезали и отбрасывали основания корня и сухую шейку, у томатов, огурцов, кабачков удаляли плодоножки, у зеленых овощей отбрасывали несъедобные части растений. Подготовленные овощи разрезали крестообразно вдоль на 4 равные части, брали ¼ часть для анализа. Пробы для анализа сырых овощей измельчали с помощью механической терки, зеленые культуры резали ножом до частиц размером 0,5–1,0 см. 10,0 г измельченного материала взвешивали с точностью до 0,01 г, помещали в стакан измельчителя, приливали 50 мл раствора алюмокалиевых квасцов и гомогенизировали в течение 1 мин при частоте вращения 6000 мин (ГОСТ 34570-2019). В суспензии измеряли концентрацию NO_3^- ;

2) в овощах, приготовленных в СВЧ-печи. Сырые овощи доводили до состояния готовности прогреванием в закрытой посуде в микроволновой печи при средней мощности (500–600 Вт) в течение 5 мин. Из запеченных овощей готовили пробы для анализа по ГОСТ 34570-2019;

3) в овощах, подвергшихся термообработке «до готовности» и в овощах, прошедших термообработку в течение трех часов. После термообработки из овощей готовили пробы для анализа по ГОСТ 34570-2019, а также анализировали полученные бульоны. Кинзу, лук-перо, редис, огурец ошпаривали кипятком;

4) в овощах после заморозки и размораживания в открытой посуде и закрытой посуде. Сырые овощи замораживали в морозильной камере в течение 24 ч. Разморозку проводили в закрытой и открытой посуде. Из размороженных овощей готовили пробы для анализа по ГОСТ 34570-2019.

Для качественного определения NO_3^- использовали дифениламин в среде концентрированной серной кислоты [25]. Все реактивы готовили на дистиллированной воде по ГОСТ Р 52501-2005 (ИСО 3696:1987). Для количественного определения использовали ионометрическое определение NO_3^- (ГОСТ 34570-2019). Используемые реагенты и аппаратура (страна изготовитель Россия) представлены в табл. 1.

Таблица 1 / Table 1

**Реагенты и аппаратура
Reagents and equipment**

Название, содержание основного компонента, % Name, content of the main component, %	Характеристика Characteristic
Дифениламин / Diphenylamine (99,2)	чда p.a.
Кислота серная концентрированная / Concentrated sulfuric acid (93,6–95,6)	хч puriss
Квасцы алюмокалиевые / Aluminum–potassium alum (98,0–100)	чда p.a.
Калий азотнокислый / Potassium nitric acid (99,8)	хч puriss
Калий хлористый / Potassium chloride (99,8)	хч puriss
Название Name	Диапазон измерений (моль/л) Measuring range (mol/l)
pH-метра-иономер Экотест 2000 / pH meter-ionomer Ecotest 2000	$10^{-3} - 10^{-4}$
Ионоселективный электрод ЭКОМ- NO_3^- / Ion-selective electrode ECOM- NO_3^-	$10^{-5} - 10^{-1}$

Статистическую обработку данных проводили с помощью пакетов прикладных программ Microsoft Excel 2019 и Statistica 7. Различия между сравниваемыми параметрами считали достоверными при $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение

В ходе качественного исследования сырых продуктов (количество измерений 10) обнаружили нитраты во всех овощах: свекла, кинза, редис, лук зеленый, кабачок, морковь, огурец, картофель, томат, лук репчатый.

При количественном определении нитратов в сырых овощах было обнаружено превышение ПДК в редисе (в 1,3 раза) и кабачке (в 1,6 раза). Следует обратить внимание, что для взрослого человека безопасная доза нитратов составляет 325 мг в сутки. В день человек употребляет примерно 1–1,5 л жидкости (чай, первые и третьи блюда), где содержится до 45 мг/л нитратов. Таким образом, с жидкостью в организм поступает около 68 мг нитратов и на еду остается около 250 мг. Токсическое действие нитратов в воде сильнее, нежели в пище. Фактически безопасно с пищевыми продуктами можно потреблять до 320 мг нитратов в день [3]. Исходя из этого безопасные количества нитратов содержатся в луке зеленом, луке репчатом, моркови, огурце, картофеле, томате (табл. 2).



Таблица 2 / Table 2

Содержание нитрат-ионов в сырых овощах (количество измерений – 10)
The content of nitrate ions in raw vegetables (number of measurements – 10)

Продукция / Products	Содержание нитрат-ионов, мг/л / Nitrate ion content, mg/l	ПДК нитратов в продуктах, мг/л / MPC of nitrates in products, mg/l
Свекла / Beet	1240 ± 12	1400
Кинза / Cilantro	1300 ± 13*	2000
Редис / Radish	1560 ± 15*	1200
Лук зеленый / Green onion	133 ± 6	600
Кабачок / Zucchini	620 ± 6*	400
Морковь / Carrot	128 ± 4	250
Огурец / Cucumber	200 ± 4	400
Картофель / Potato	56,5 ± 1,2	250
Томат / Tomato	114 ± 5	300
Лук репчатый / Onion	79,6 ± 3,5	80

Примечание. * – $p < 0,05$ – превышение по отношению к ПДК.

Note. * – $p < 0,05$ – excess in relation to MPC.

После приготовления овощей в СВЧ-печи уровень нитратов увеличился у всех овощей. Это может быть связано с потерей значительной доли воды, а также с разрушением азотсодержащих соединений (табл. 3).

Таблица 3 / Table 3

Содержание нитрат-ионов в овощах после СВЧ-печи (количество измерений – 10)
The content of nitrate ions in vegetables after a microwave oven (number of measurements – 10)

Продукция / Products	Содержание нитрат-ионов, мг/л / Nitrate ion content, mg/l
Свекла / Beet	2150 ± 25* ^Δ
Редис / Radish	2500 ± 30* ^Δ
Кабачок / Zucchini	760 ± 12* ^Δ
Морковь / Carrot	440 ± 8* ^Δ
Огурец / Cucumber	900 ± 10* ^Δ
Картофель / Potato	120 ± 6 ^Δ
Томат / Tomato	230 ± 7 ^Δ
Лук репчатый / Onion	165 ± 4* ^Δ

Примечание. * – $p < 0,05$ – превышение по отношению к ПДК; ^Δ – $p < 0,05$ – изменение по отношению к сырым овощам.

Note. * – $p < 0,05$ – excess in relation to MPC; ^Δ – $p < 0,05$ – change in relation to raw vegetables.

У кабачка уровень нитратов увеличился в 1,2 раза; у свеклы – в 1,7; у редиса, картофеля, томата и лука репчатого – примерно в 2; у морко-

ви – в 3,4, у огурца – в 4,5 раза. У свеклы и редиса показатель нитратов после запекания превысил ПДК примерно в 1,5 раза, а у кабачка, моркови, лука репчатого, огурца – в 2 раза.

У овощей, подвергшихся варке до готовности, наблюдалось достоверное снижение уровня нитратов в овощах и появление нитратов в бульонах. Зелень и редис потеряли около 9% нитратов, а отваренные овощи – от 60 до 70% (картофель – 69%; свекла, морковь – 65; кабачок, огурец – 61; томат – 59, лук репчатый – 64%). В бульон перешло от 4 до 13% нитратов (свекла, морковь, картофель, лук репчатый – 13%, огурец, томат – 7, кабачок – 4%) (табл. 4).

При термообработке в течение трех часов оказалось, что резкого падения нитратов не происходит. При этом в кинзе, редисе (1,3 ПДК), луке зеленом, которые ошпаривали кипятком и хранили в этом растворе три часа, а также в отарном репчатом луке уровень нитратов увеличился на 10% по сравнению с опытом без длительного выдерживания. Длительная термическая обработка по сравнению с варкой до готовности повысила содержание нитратов и в других овощах: в моркови и томате – на 27%, в свекле – на 44, в огурце – на 114, в кабачке – на 160 (1,6 ПДК), в картофеле – на 206%. Увеличилось при этом содержание нитратов и в бульонах: в свекольном, в бульоне лука репчатого – примерно в 1,1 раза; в морковном бульоне – в 1,4; в картофельном и томатном бульонах – в 2,8 и 2,6 раза соответственно, в огуречном бульоне – в 4,7; в кабачковом – в 10 раз (табл. 5).



Таблица 4 / Table 4

Содержание нитрат-ионов в овощах при варке до готовности (количество измерений –10)
The content of nitrate ions in vegetables when cooked until tender (number of measurements – 10)

Продукция Products	Содержание нитрат-ионов, мг/л Nitrate ion content, mg/l
Свекла вареная / Boiled beetroot	434 ± 10 ^Δ
Свекольный бульон / Beetroot broth	155 ± 9 ^Δ
Кинза, обработанная кипятком / Coriander treated with boiling water	1130 ± 24 ^Δ
Редис, обработанный кипятком / Radish treated with boiling water	1420 ± 15* ^Δ
Лук зеленый, обработанный кипятком / Green onion, treated with boiling water	121 ± 5 ^Δ
Огурец, обработанный кипятком / Cucumber treated with boiling water	78,8 ± 1,4 ^Δ
Огуречный бульон / Cucumber broth	14,5 ± 1,2 ^Δ
Кабачок вареный / Boiled squash	242 ± 7 ^Δ
Кабачковый бульон / Squash broth	25,2 ± 1,2 ^Δ
Морковь вареная / Boiled carrots	44,2 ± 1,8 ^Δ
Морковный бульон / Carrot broth	16,1 ± 1,5 ^Δ
Картофель отварной / Boiled potatoes	17,2 ± 1,2 ^Δ
Картофельный бульон / Potato broth	7,2 ± 1,2 ^Δ
Томат отварной / Boiled tomato	46,4 ± 1,6 ^Δ
Томатный бульон / Tomato broth	7,6 ± 1,2 ^Δ
Лук репчатый отварной / Boiled onion	29,5 ± 1,4 ^Δ
Луковичный бульон / Onion broth	10,1 ± 1,2 ^Δ

Примечание. См. в табл. 3 / Note. See Table 3.

Таблица 5 / Table 5

Содержание нитрат-ионов в овощах после варки в течение трех часов (количество измерений –10)
The content of nitrate ions in vegetables after cooking for three hours (number of measurements – 10)

Продукция / Products	Содержание нитрат-ионов, мг/л Nitrate ion content, mg/l
Свекла вареная / Boiled beetroot	627 ± 35 ^Δ
Свекольный бульон / beetroot broth	169 ± 11 ^Δ
Кинза, обработанная кипятком / Coriander treated with boiling water	1240 ± 22 ^Δ
Редис, обработанный кипятком / Radish treated with boiling water	1560 ± 40*
Лук зеленый, обработанный кипятком / Green onion, treated with boiling water	133 ± 13
Огурец, обработанный кипятком / Cucumber treated with boiling water	169 ± 13 ^Δ
Огуречный бульон / Cucumber broth	67,9 ± 3,2 ^Δ
Кабачок вареный / Boiled squash	628 ± 13*
Кабачковый бульон / Squash broth	250 ± 13 ^Δ
Морковь вареная / Boiled carrots	56,3 ± 1,2 ^Δ
Морковный бульон / Carrot broth	22,8 ± 1,5 ^Δ
Картофель отварной / Boiled potatoes	52,6 ± 1,3 ^Δ
Картофельный бульон / Potato broth	20,1 ± 1,3 ^Δ
Томат отварной / Boiled tomato	59,0 ± 1,2 ^Δ
Томатный бульон / Tomato broth	19,5 ± 1,2 ^Δ
Лук репчатый отварной / Boiled onion	32,5 ± 1,4 ^Δ
Луковичный бульон / Onion broth	11,5 ± 1,3 ^Δ

Примечание. См. табл. 3 / Note. See Table 3.



На основании полученных результатов можно предположить, что оставлять готовые овощи в воде на длительное время нежелательно, так как часть нитратов адсорбируется обратно. Уровень нитратов стал близок по содержанию в

сырых овощах у редиса, лука зеленого и кабачка.

При замораживании овощей, а потом их последующей разморозке обнаружили, что при размораживании в закрытой посуде происходит снижение уровня нитратов в овощах (табл. 6).

Таблица 6 / Table 6

Содержание нитрат-ионов в овощах, подвергшихся замораживанию и разморозке в закрытой посуде (количество измерений – 10)

The content of nitrate ions in vegetables that have been frozen and defrosted in a closed container (number of measurements – 10)

Продукция / Products	Содержание нитрат-ионов, мг/л Nitrate ion content, mg/l
Свекла замороженная / Frozen beets	617 ± 17 ^Δ
Замороженный сок / Frozen juice	96,2 ± 1,2 ^Δ
Кинза замороженная / Frozen cilantro	534 ± 22 ^Δ
Редис замороженный / Frozen radish	250 ± 15 ^Δ
Лук зеленый замороженный / Frozen green onion	20,8 ± 1,1 ^Δ
Огурец замороженный / Frozen cucumber	52,1 ± 1,4 ^Δ
Замороженный сок / Frozen juice	3,64 ± 0,90 ^Δ
Кабачок замороженный / Frozen zucchini	98,8 ± 1,2 ^Δ
Замороженный сок / Frozen juice	92,4 ± 1,3 ^Δ
Морковь замороженная / Frozen carrots	63,6 ± 1,2 ^Δ
Замороженный сок / Frozen juice	34,1 ± 1,2 ^Δ
Картофель замороженный / Frozen potatoes	8,88 ± 1,21 ^Δ
Замороженный сок / Frozen juice	2,52 ± 0,73 ^Δ
Томат замороженный / Frozen tomato	41,4 ± 1,2 ^Δ
Замороженный сок / Frozen juice	12,3 ± 0,5 ^Δ
Лук репчатый замороженный / Frozen onion	13,1 ± 0,6 ^Δ

Примечание. См. табл. 3 / Note. See Table 3.

Так, у моркови и свеклы разрушается примерно 50% нитратов; у кинзы – 59, томата – 64, у огурца – 74, у редиса, кабачка, лука репчатого, лука зеленого и картофеля – 84% нитратов по сравнению с сырыми овощами. Можно отметить, что при замораживании и разморозке овощей в закрытой посуде наблюдается более эффективное снижение нитратов, чем при варке. Таким образом, наши исследования показывают, что замораживание является более эффективным способом снижения количества нитратов. К тому же при варке теряются многие витамины, содержащиеся в овощах, чего не происходит при замораживании.

Однако при размораживании овощей в открытых емкостях уровень нитратов повышается, что, вероятно, происходит из-за интенсивного развития микроорганизмов. Так, при размора-

живании в открытой посуде содержание нитратов значительно увеличилось, по сравнению с сырыми овощами: в кинзе и томате – в 1,2 раза; в кабачке – 1,3 (2 ПДК); в моркови и редисе – 1,4 (у редиса показатель составляет 1,8 ПДК); в картофеле – в 1,6; в луке репчатом и свекле – в 1,7 (у свеклы показатель составляет 1,5 ПДК); в луке зеленом – в 3,4; в огурце – в 4,2 раза (2,1 ПДК) (табл. 7).

Таким образом, при разморозке важно ограничить доступ микроорганизмов.

Заключение

Полученные данные свидетельствуют о том, что поступающие в торговую сеть «Магнит» овощи не превышают по содержанию нитратов ПДК, за исключением редиса и кабачка. Практически избавиться от нитратов в



Таблица 7 / Table 7

Содержание нитрат-ионов в овощах, подвергшихся замораживанию и разморозке в открытой посуде (количество измерений –10)
The content of nitrate ions in vegetables that have been frozen and defrosted in open dishes (number of measurements – 10)

Продукция / Products	Содержание нитрат-ионов, мг/л Nitrate ion content, mg/l
Свекла замороженная / Frozen beets	2050 ± 51* ^Δ
Замороженный сок / Frozen juice	890 ± 11 ^Δ
Кинза замороженная / Frozen cilantro	1550 ± 33 ^Δ
Редис замороженный / Frozen radish	2150 ± 45* ^Δ
Лук зеленый замороженный / Frozen green onion	453 ± 45 ^Δ
Огурец замороженный / Frozen cucumber	830 ± 18* ^Δ
Замороженный сок / Frozen juice	374 ± 12 ^Δ
Кабачок замороженный / Frozen zucchini	799 ± 15* ^Δ
Замороженный сок / Frozen juice	592 ± 16* ^Δ
Морковь замороженная / Frozen carrots	178 ± 16 ^Δ
Замороженный сок / Frozen juice	74,5 ± 12 ^Δ
Картофель замороженный / Frozen potatoes	87,6 ± 11 ^Δ
Замороженный сок / Frozen juice	20,1 ± 4 ^Δ
Томат замороженный / Frozen tomato	135 ± 5 ^Δ
Замороженный сок / Frozen juice	41,9 ± 2 ^Δ
Лук репчатый замороженный / Frozen onion	138 ± 4* ^Δ

Примечание. См. табл. 3 / Note. See Table 3.

ходе термообработки и заморозки невозможно, но можно снизить их количество в суточном рационе. При приготовлении пищи в СВЧ-печи количество нитратов резко возрастает, поэтому СВЧ-печи можно отнести к нежелательному способу получения готовой продукции. В случае использования овощей с высокой исходной концентрацией нитратов приготовление овощей в микроволновой печи может привести к получению вредных для здоровья человека готовых продуктов. Чтобы снизить количество нитратов зелень (петрушку, укроп, салат и др.) перед их употреблением на некоторое время необходимо поместить в воду. Свеклу, кабачки, капусту, тыкву и другие овощи перед приготовлением рекомендуется нарезать кубиками и 2–3 раза залить теплой водой, выдерживая по 5–10 мин, так как нитраты обладают способностью «переходить» в воду, но надолго оставлять овощи в воде нельзя, так как происходит обратная адсорбция нитратов. При проведении варки овощей «до готовности» количество нитратов уменьшается. Через 15–20 мин варки, необходимо слить воду и

залить новую и после этого проварить до готовности. Готовые овощи желательно не оставлять в бульоне из-за обратной адсорбции ионов. При длительной термической обработке количество нитратов увеличивается. При использовании размороженных овощей следует учитывать, что овощи должны размораживаться в закрытой посуде, так как в открытой посуде растёт количество нитратов и нитритов.

Список литературы

1. Елисеева Л. Г., Махотина И. А., Калачев С. Л. Обеспечение государственного контроля за безопасностью пищевой продукции в России // Национальная безопасность / nota bene. 2019. № 2. С. 1–14. <https://doi.org/10.7256/2454-0668.2019.2.29063>
2. Хотимченко С. А., Гмошинский И. В., Багрянцева О. В., Шatrov Г. Н. Химическая безопасность пищи: развитие методической и нормативной базы // Вопросы питания. 2020. Т. 89, № 4. С. 110–124. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10047>
3. Зайцева Н. В., Тутельян В. А., Шур П. З., Хотимченко С. А., Шевелева С. А. Опыт обоснования гигиенических нормативов безопасности пищевых



- продуктов с использованием критериев риска здоровью населения // Гигиена и санитария. 2014. Т. 93, № 5. С. 70–74.
4. Литвинов С. С., Коломиец А. А. Удобрения кабачка и патиссона на аллювиально-луговых почвах Московской области // Вестник Башкирского университета. 2015. Т. 20, № 3. С. 876–880.
 5. Степанова С. А., Симонова Г. В. Оценка динамики преобразования азотосодержащих удобрений в нитраты // Вестник СГУГиТ. 2022. Т. 27, № 1. С. 139–146. <https://doi.org/10.33764/2411-1759-2022-27-1-139-146>
 6. Калтович И. В., Савельева Т. А., Антипина А. Р. Технологические способы, способствующие снижению содержания (предотвращению образования) потенциально опасных веществ при производстве мясных продуктов // Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья. 2020. № 15. С. 166–181. <https://doi.org/10.47612/2220-8755-2020-15-166-181>
 7. Evaluation of certain food additives and contaminants. Forty-fourth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives // WHO Technical Report Series 859. Geneva, 1995. P. 29–35.
 8. Fomicheva M. A., Bychenkova V. V., Sevastyanova A. D., Safonova E. E. Study of plant products on presence of nitrites, nitrates and radioactivity // Современная наука и инновации. 2020. № 2 (30). С. 98–102. <https://doi.org/10.33236/2307-910X-2020-2-30-98-102>
 9. Бывалец О. А., Зуборева Е. Ю. Метаболизм нитратов в организме человека // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Физика и химия. 2013. № 2. С. 082–087.
 10. Parisa Ziarati. Potential health risks and concerns of high levels of nitrite and nitrate in food sources // SF Journal of Pharmaceutical and Analytical Chemistry. 2018. Vol. 3, № 1. P. 1–13.
 11. Тормозов И. В. Токсические соединения в продуктах питания и их влияние на организм человека // Образование и наука без границ: фундаментальные и прикладные исследования. 2019. № 9. С. 191–193.
 12. Лейтес Е. А., Егорова Л. С., Корниенко Н. Ю., Лыков П. В. Определение аскорбиновой кислоты и нитратов во фруктовых и овощных соках // Ползуновский вестник. 2018. № 3. С. 79–83.
 13. Никонов В. В., Левшина И. Н. Определение нитрат-ионов в жестких и сильноокрашенных водах // Вестник Санкт-Петербургского университета. Физика и химия. 2004. № 2. С. 077–084.
 14. 06.15-19Г.149 Автоматическое одновременное определение нитратов и нитритов в природных водах последовательной инъекционной спектрофотометрией // РЖ 19ГД. Аналитическая химия. Оборудование лабораторий. 2006. № 15.
 15. 06.08-19Г.189 Одновременное проточно-инъекционное определение нитритов, нитратов и их смесей в объектах окружающей среды и биологических пробах, используя спектрофотометрию // РЖ 19ГД. Аналитическая химия. Оборудование лабораторий. 2006. № 8.
 16. Глазков С. В., Якубик Д. С., Самойлов А. В. Спектрофотометрический метод определения нитратов в свежих овощах с применением салицилата натрия // Вестник КрасГАУ. 2021. № 11. С. 254–263. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2021-11-254-263>
 17. Матвейчук Ю. В. Нитрат-селективный электрод и его применение в анализе овощей и минеральных вод // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. 2019. Т. 62, № 9. С. 20–26. <https://doi.org/10.6060/ivkkt.20196209.6004>
 18. Chou S. S., Chung J. C., Hwang D. F. A high performance liquid chromatography method for determining nitrate and nitrite levels in vegetables // J. Food Drug Anal. 2003. № 11. P. 233–238.
 19. Croitoru M. D. Nitrite and nitrate can be accurately measured in samples of vegetal and animal origin using an HPLC-UV/VIS technique // J. Chromatogr. B Analyt. Technol. Biomed. Life Sci. 2012. № 911. P. 154–161.
 20. Концев С. В., Глазков С. В. Сравнительный анализ содержания нитратов в продуктах переработки фруктов и овощей методом ВЭЖХ // Овощи России. 2019. № 6. С. 101–104. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-6-101-104>
 21. 06.07-19Г.132 Одновременное определение нитритов и нитратов нормально-фазовой ионпарной жидкостной хроматографией // РЖ 19ГД. Аналитическая химия. Оборудование лабораторий. 2006. № 7.
 22. Колесников А. В., Ковалев Е. В., Ковалева А. Ю. Ионхроматографический анализ питьевых и сточных вод на содержание катионов и анионов // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2015. Т. 81, № 9. С. 28–31.
 23. Капинус Е. Н., Ревельский И. А., Улогов В. О., Леликов Ю. А. Ионхроматографическое определение анионов F^- , Cl^- , NO_2^- , Br^- , NO_3^- , HPO_4^{2-} , SO_4^{2-} в водных растворах на уровне 10^{-9} – $10^{-8}\%$ // Вестник Московского университета. Серия 2: Химия. 2004. Т. 45, № 4. С. 246–249.
 24. Очерет Н. П., Тугуз Ф. В. Содержание нитратов в пищевых продуктах и их влияние на здоровье человека // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. 2018. Вып. 2 (221). С. 86–92.
 25. Трухина М. Д. Нитраты, нитрины и пути снижения их содержания в овощах. URL: <https://him.1sept.ru/article.php?id=200103101> (дата обращения: 14.06.2022).

References

1. Eliseeva L. G., Makhotina I. A., Kalachev S. L. Ensuring state control over food safety in Russia. *National Security / Nota Bene*, 2019, no. 2, pp. 1–14 (in Russian). <https://doi.org/10.7256/2454-0668.2019.2.29063>
2. Khotimchenko S. A., Gmoshinskiy I. V., Bagryantseva O. V., Shatrov G. N. Chemical safety of food: Development of methodological and regulatory framework. *Problems of Nutrition*, 2020, vol. 89, no. 4, pp. 110–124 (in Russian). <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10047>



3. Zaytseva N. V., Tutelyan V. A., Shur P. Z., Khotimchenko S. A., Sheveleva S. A. Experience of substantiation of hygienic standards of food safety using criteria of public health risk. *Hygiene and Sanitation*, 2014, vol. 93, no. 5, pp. 70–74 (in Russian).
4. Litvinov S. S., Kolomiets A. A. Fertilizers of squash and squash on alluvial meadow soils of the Moscow region. *Vestnik Bashkir State University*, 2015, vol. 20, no. 3, pp. 876–880 (in Russian).
5. Stepanova S. A., Simonova G. V. Evaluation of the dynamics of conversion of nitrogen-containing fertilizers into nitrates. *Vestnik SSUGT*, 2022, vol. 27, no. 1, pp. 139–146 (in Russian). <https://doi.org/10.33764/2411-1759-2022-27-1-139-146>
6. Kaltovich I. V., Saveleva T. A., Antipina A. R. Technological methods that contribute to reducing the content (preventing the formation) of potentially hazardous substances in the production of meat products. *Topical Issues of Processing of Meat and Milk Raw Materials*, 2021, no. 15, pp. 166–181 (in Russian). <https://doi.org/10.47612/2220-8755-2020-15-166-181>
7. Evaluation of certain food additives and contaminants. Forty-fourth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. *WHO Technical Report Series 859*. Geneva, 1995, pp. 29–35.
8. Fomicheva M. A., Bychenkova V. V., Sevastyanova A. D., Safonova E. E. Study of plant products on presence of nitrites, nitrates and radioactivity. *Modern Science and Innovation*, 2020, no. 2 (30), pp. 98–102. <https://doi.org/10.33236/2307-910X-2020-2-30-90-94>
9. Byvalets O. A., Zuboreva E. Yu. Nitrate metabolism in the human body. *Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Southwest State University». Series: Physics and Chemistry*, 2013, no. 2, pp. 082–087 (in Russian).
10. Parisa Ziarati. Potential health risks and concerns of high levels of nitrite and nitrate in food sources. *SF Journal of Pharmaceutical and Analytical Chemistry*, 2018, vol. 3, no. 1, pp. 1–13.
11. Tormozov I. V. Toxic compounds in food and their effect on the human body. *Education and Science Without Borders: Fundamental and Applied Research*, 2019, no. 9, pp. 191–193 (in Russian).
12. Leytes E. A., Egorova L. S., Kornienko N. Yu., Lykov P. V. Determination of ascorbic acid and nitrates in fruit and vegetable juices. *Polzunovskiy Vestnik*, 2018, no. 3, pp. 79–83 (in Russian).
13. Nikonorov V. V., Levshina I. N. Determination of nitrate ions in hard and highly colored waters. *Vestnik of Saint Petersburg University. Physics and Chemistry*, 2004, no. 2, pp. 077–084 (in Russian).
14. 06.15-19Г.149 Automatic simultaneous determination of nitrates and nitrites in natural waters by sequential injection spectrophotometry. *RJ 19GD. Analytical chemistry. Laboratory equipment*, 2006, no. 15 (in Russian).
15. 06.08-19Г.189 Simultaneous flow-injection determination of nitrites, nitrates and their mixtures in environmental objects and biological samples using spectrophotometry. *RJ 19GD. Analytical chemistry. Laboratory equipment*, 2006, no. 8 (in Russian).
16. Glazkov S. V., Yakubik D. S., Samoylov A. V. Spectrophotometric method for the determination of nitrates in fresh vegetables using sodium salicylate. *Bulliten KrasSAU*, 2021, no. 11, pp. 254–263 (in Russian). <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2021-11-254-263>
17. Matveychuk Yu. V. Nitrate-selective electrode and its application in the analysis of vegetables and mineral waters. *ChemChemTech.*, 2019, vol. 62, no. 9, pp. 20–26 (in Russian). <https://doi.org/10.6060/ivkkt.20196209.6004>
18. Chou S. S., Chung J. C., Hwang D. F. A high performance liquid chromatography method for determining nitrate and nitrite levels in vegetables. *J. Food Drug Anal.*, 2003, no. 11, pp. 233–238.
19. Croitoru M. D. Nitrite and nitrate can be accurately measured in samples of vegetal and animal origin using an HPLC-UV/VIS technique. *J. Chromatogr. B Analyt. Technol. Biomed. Life Sci.*, 2012, no. 911, pp. 154–161.
20. Koptsev S. V., Glazkov S. V. Comparative analysis of nitrate content in fruit and vegetable processing products by HPLC. *Vegetable Crops of Russia*, 2019, no. 6, pp. 101–104 (in Russian). <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-6-101-104>
21. 06.07-19Г.132 Simultaneous determination of nitrites and nitrates by normal-phase ion-vapor liquid chromatography. *RJ 19GD. Analytical chemistry. Laboratory equipment*, 2006, no. 7 (in Russian).
22. Kolesnikov A. V., Kovalev E. V., Kovaleva A. Yu. Ionochromatographic analysis of drinking and wastewater for the content of cations and anions. *Industrial Laboratory. Diagnostics of Materials*, 2015, vol. 81, no. 9, pp. 28–31 (in Russian).
23. Kapinus E. N., Revelskiy I. A., Ulogov V. O., Lelikov Yu. A. Ionochromatographic determination of F^- , Cl^- , NO_2^- , Br^- , NO_3^- , HPO_4^{2-} , SO_4^{2-} anions in aqueous solutions at the level of 10^{-9} – $10^{-8}\%$. *Vestnik MSU. Ser. 2. Chemistry*, 2004, vol. 45, no. 4, pp. 246–249 (in Russian).
24. Ocheret N. P., Tuguz F. V. The content of nitrates in food products and their impact on human health. *The Bulletin of the Adyghe State University. Series 4 “Natural-Mathematical and Technical Sciences”*, 2018, iss. 2 (221), pp. 86–92 (in Russian).
25. Trukhina M. D. *Nitrates, nitrites and ways to reduce their content in vegetables*. Available at: <https://him.1sept.ru/article.php?id=200103101> (accessed June 14, 2022) (in Russian).

Поступила в редакцию 21.06.22; одобрена после рецензирования 17.12.22; принята к публикации 01.02.23
 The article was submitted 21.06.22; approved after reviewing 17.12.22; accepted for publication 01.02.23