

УДК 553.554.6
[https://doi.org/10.47612/2073-4794-2022-15-4\(58\)-80-87](https://doi.org/10.47612/2073-4794-2022-15-4(58)-80-87)

Поступила в редакцию 12.09.2022
Received 12.09.2022

Т. М. Шачек¹, У. С. Горбацевич², Н. В. Комарова³, Е. С. Красовская³

¹*Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет», г. Минск, Республика Беларусь*

²*РУП «Институт мясо-молочной промышленности», г. Минск, Республика Беларусь*

³*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» г. Минск, Республика Беларусь*

ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ НИТРАТОВ: ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ МОДИФИКАЦИИ И ВНЕДРЕНИЯ В ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ

Аннотация. В статье представлены результаты внутрилабораторного верификационного эксперимента, выполненного в аккредитованной лаборатории с целью оценки возможности внедрения модифицированной стандартной методики определения нитратов согласно ГОСТ 34570–2019. Проведен сравнительный анализ действующей (ГОСТ 29270–95) и модифицированной (ГОСТ 34570–2019) методик измерения массовой доли нитратов, основанных на прямой потенциометрии. При планировании внутрилабораторного эксперимента осуществлен выбор рабочих образцов с учетом области применения методики (фрукты, овощи и продукты их переработки с уровнем содержания нитратов в диапазоне — 60–1400 мг/кг), разработана блок-схема измерения и определены изменяющиеся факторы для выполнения условий повторяемости и промежуточной прецизионности.

Представленные в статье результаты исследований включают промежуточные экспериментальные данные, необходимые для расчетов, и итоговые характеристики контроля точности результатов измерений внутрилабораторного эксперимента по верификации, полученные с учетом требований действующих технических нормативных правовых актов в области оценки точности результатов измерений.

Ключевые слова: нитраты, прямая потенциометрия, модифицированная стандартная методика, верификация, внутрилабораторный эксперимент, планирование, результаты контроля точности.

T. M. Shachek¹, U. S. Harbatsevich², N. V. Komarova³, E. S. Krasovskaya³

¹*Educational institution “Belarusian State Technological University”, Minsk, Republic of Belarus*

²*Institute for Meat and Dairy Industry, Minsk, Republic of Belarus*

³*RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”, Minsk, Republic of Belarus*

POTENTIOMETRIC METHOD FOR THE DETERMINATION OF NITRATES: MAIN ASPECTS OF MODIFICATION AND IMPLEMENTATION IN TESTING LABORATORIES

Abstract. The article presents the results of an intralaboratory verification experiment performed in an accredited laboratory in order to assess the possibility of introducing a modified standard method for the determination of nitrates according to GOST 34570–2019. A comparative analysis of the current (GOST 29270–95) and modified (GOST 34570–2019) methods for measuring the mass fraction of nitrates based on direct potentiometry was carried out. While planning an intralaboratory experiment, the selection of working samples was carried out taking into account the scope of the methodology (fruits, vegetables and products of their processing with a nitrate content in the range of 60–1400 mg/kg), a measurement flowchart was developed and changing factors are determined to fulfill the conditions of repeatability and intermediate accuracy.

The results of the research which are presented in the article include intermediate experimental data that are necessary for calculations and the final characteristics of monitoring the accuracy of

measurement results of an intralaboratory experiment for verification, obtained taking into account the requirements of the current technical regulatory legal acts in the field of assessing the accuracy of measurement results.

Key words: nitrates, direct potentiometry, modified standard method, verification, intralaboratory experiment, planning, accuracy control results.

Введение. Содержание нитратов — показатель безопасности, нормируемый для воды, некоторых видов сырья и продуктов его переработки. Существует понятие предельно допустимой концентрации (ПДК) нитратов, попадание которой в организм человека несет минимальный риск для здоровья. По рекомендациям ВОЗ, безопасная суточная доза для взрослого составляет до 3,7 мг на 1 кг массы тела [1].

Основопологающим документом, регламентирующим допустимые уровни содержания нитратов в Республике Беларусь, является ТР ТС 021 «О безопасности пищевой продукции» [2]. Для количественного определения уровня данного показателя в различных объектах применяются стандартные методики, основанные на применении фотометрии:

- ♦ ГОСТ EN 12014-3 «Продукты пищевые. Определение содержания нитрата и/или нитрита. Часть 3. Спектрофотометрический метод определения содержания нитрата и нитрита в мясных продуктах с применением ферментативного восстановления нитрата до нитрита» [3];
- ♦ ГОСТ 33045 «Вода. Методы определения азотсодержащих веществ» (разделы 8–9) [4];
- ♦ ГОСТ 29270 «Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения нитратов» (раздел 4) [5].

Однако для контроля содержания нитратов в продуктах переработки фруктов и овощей наиболее распространенным является потенциометрический (ионометрический) метод, основанный на измерении потенциала, возникающего на мембране ионоселективного электрода при погружении последнего в раствор — водный экстракт анализируемой пробы. Метод привлекает простотой, экспрессностью, возможностью вести определение в мутных и окрашенных средах. Он достаточно хорошо изучен, экспериментально отработан и обеспечен недорогой аппаратурой. Чувствительность и избирательность метода зависят от свойств нитратселективного электрода, а именно обусловлены свойствами его мембраны [6, 7].

До настоящего момента основным стандартом, содержащим требования к потенциометрической методике определения нитратов в продуктах переработки плодов и овощей, являлся ГОСТ 29270 «Продукты переработки плодов и овощей. Метод определения нитратов» (раздел 5), введенный в действие в 1997 г. [5] Однако с декабря 2022 года на территории Республики Беларусь планируется введение в действие нового стандарта — ГОСТ 34570 «Фрукты, овощи и продукты их переработки. Потенциометрический метод определения нитратов» [8], устанавливающего методику количественного определения нитратов во фруктах, овощах и продуктах их переработки.

Проведя сравнительный анализ двух стандартных методик, установили их основные общие и отличительные аспекты (табл. 1).

Таблица 1. Характеристика стандартных методик определения нитратов на основе прямой потенциометрии
Table 1. Characteristic of standard methods for the determination of nitrates based on potentiometry

Наименование раздела стандарта	ГОСТ 29270 (раздел 5) [5]	ГОСТ 34570 [8]
Область применения	Продукты переработки плодов и овощей	Свежие фрукты, овощи и продукты их переработки
	Применяется для продуктов: – не содержащих хлориды; – с содержанием хлоридов не превышающем уровень нитратов более чем в 50 раз ¹	Не распространяется на овощи семейства крестоцветных, соленые и квашеные овощи, соленые и моченые фрукты
	Метод является экспрессным	Диапазон измерений (без учета разбавления пробы) от 30 до 5000 мг/кг вкл.
Сущность метода	Метод основан на извлечении нитратов из пробы экстрагирующим раствором алюмокалиевых квасцов с последующим измерением концентрации аналита с помощью ионоселективного нитратного электрода	

Окончание табл. 1

Наименование раздела стандарта	ГОСТ 29270 (раздел 5) [5]	ГОСТ 34570 [8]
Подготовка к испытанию	Описаны операции по приготовлению растворов сравнения (градуировочных растворов), подготовке прибора и электродов к работе	
	Приготовление экстрагирующего раствора для продуктов, содержащих овощи семейства крестоцветных	Приготовление экстрагирующего раствора алюмокалиевых квасцов и насыщенного раствора хлорида калия для заполнения электрода сравнения
Подготовка проб	Пробу продукта массой $(10,00 \pm 0,01)$ г взвешивают в стакане вместимостью 100 см^3 , приливают мерным цилиндром 50 см^3 экстрагирующего раствора и гомогенизируют	
	Для соков: 1 г алюмокалиевых квасцов на 100 г продукта добавляется непосредственно в пробу. Для сушеных фруктов и овощей: к $10,0 \text{ г}$ приливают $100,0 \text{ см}^3$ раствора алюмокалиевых квасцов, нагревают на водяной бане до размягчения продуктов, охлаждают и встряхивают на аппарате в течение 5 мин	-
Проведение измерений	Операции по градуировке прибора и построению градуировочной кривой	
	В испытуемой пробе измеряют потенциал электродной пары E , мВ	Измеряют потенциал электродной пары в испытуемой пробе без добавки (E_0 , мВ) и с добавками ($E_0 + D_1$ и $E_0 + D_2$, мВ)
Обработка результатов	Используя градуировочный график по измеренному значению E , мВ определяют pC_x . Содержание нитратов, мг/кг, находят по значению pC_x в соответствии с таблицами (для продуктов с разным содержанием сухих веществ, %) в приложении к данному стандарту	Концентрацию нитратов в пробе рассчитывают путем экстраполяции градуировочной кривой к потенциалу исходного образца методом двойных добавок с градуировкой (или методом Грана). Расчет ведут по формуле (п. 10.1 стандарта) с использованием результатов экспериментального определения массовой доли влаги в пробе по ГОСТ 33977 [9]
Контроль точности результатов измерений	Раздел отсутствует	Указаны метрологические характеристики метода (пределы повторяемости и воспроизводимости, границы относительной погрешности — в %), приведен алгоритм проверки приемлемости результатов измерений
	Допустимое расхождение (%) между результатами двух параллельных определений ²	

Примечания — 1) Информация указана в разделе «Сущность метода»; 2) Информация указана в разделе «Обработка результатов».

Таким образом, данные, представленные в табл. 1, свидетельствуют о существенной модификации новой стандартной методики. Среди преимуществ ГОСТ 34570 [8] можно выделить:

- ♦ расширение области применения методики за счет введения новых матриц — свежие фрукты и овощи, с уточнением диапазона измерений;
- ♦ применение более точного метода определения концентрации — метод добавок, а также обязательное использование экспериментальных данных по содержанию влаги образцов в окончательных расчетах массовой доли нитратов;
- ♦ наличие критериев и алгоритма оценки точности полученных результатов.

Для проведения испытаний по новой методике, лаборатория должна предварительно подтвердить возможность ее использования — предоставить объективные свидетельства выполнения установленных метрологических характеристик, т.е. провести верификацию, что и было целью данной работы.

Результаты исследований и их обсуждение. Выбор объектов исследования — образцы свежих овощей, фруктов, а также продукты их переработки с различным уровнем содержания нитратов — 60 до 1400 мг/кг (табл. 2), осуществляли исходя из рабочего диапазона методики и области ее применения [8].

Таблица 2. Характеристика объектов исследования

Table 2. Characteristics of the objects of study

Номер образца	Наименование образца	Допустимые уровни нитратов, мг/кг [2]
№1	Свекла консервированная, нарезанная соломкой	не более 1400
№2	Нектар морковный	не более 250
№3	Фруктовое пюре для детского питания (яблоко, манго, папайя, банан)	не более 50
№4	Петрушка листовая свежая	не более 2000
№5	Морковь свежая (урожай 2021 года)	не более 400
№6	Банан	не более 200
№7	Томат сливка	не более 150
№8	Яблоко Айдаред	не более 60

Пробоподготовка различных видов продукции осуществлялась согласно общим указаниям по ГОСТ 26671 [10] и заключалась в следующем:

- ♦ твердые продукты — образцы №№ 1, 4–8 — измельчали, дробили, размалывали и растирали в зависимости от вида продукта до получения однородной массы;
- ♦ пробы жидких и пюреобразных продуктов однородной консистенции — образцы №№ 2–3 (соковая продукция с мякотью, фруктовые пюре) только перемешивали.

Измерения нитратов в пробах объектов исследования проводили согласно разработанной блок-схеме (рис. 1).

Массовую долю нитратов, X , мг/кг в пробе продукта вычисляли по формуле

$$X = \frac{\left(V + \frac{W \cdot 0,001 \cdot}{1} \right) \cdot 10^{-C_x} \cdot 62 \cdot 10^6}{10^3 \cdot m}, \quad (1)$$

где V — объем экстрагирующего раствора, см³; W — массовая доля влаги в исходном продукте, определенная по ГОСТ 33977 [9], %; 0,01 — коэффициент перевода процентов в доли единиц; m — масса пробы, г; 1 — плотность воды, г/см³; 10^{-C_x} — концентрация нитратов в пробе, моль/дм³; 62 — молярная масса нитрат-иона, г/моль; 10^6 — коэффициент согласования единиц массы; 10^3 — коэффициент согласования единиц объема.

Эксперимент проводили в лаборатории физико-химических исследований Республиканского контрольно-испытательного комплекса по качеству и безопасности продуктов питания РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» с применением средств измерений, имеющих действующую поверку:

- ♦ иономер лабораторный И-160М — заводской номер №197104;
- ♦ дозатор Transfertette 1–10 см³ — заводской номер №89N46934;
- ♦ весы лабораторные электронные Adventuret — заводской номер №1121412716;
- ♦ измерительный ионоселективный электрод ЭЛИС–121N03 — заводской номер №07381;
- ♦ электрод сравнения (хлорсеребряный) ЭВЛ–1М3.

Сравнительный анализ экспериментальных данных — массовой доли нитратов в отобранных образцах продукции, с действующими предельно допустимыми нормами для данной группы (табл. 3) свидетельствовал о соответствии установленным требованиям [2] всех исследуемых проб, за исключением образца №4 — петрушка листовая свежая, где было обнаружено превышение ПДК в 1,1 раз.

Цель верификационного эксперимента — получить объективные свидетельства возможности применения указанной лабораторией модифицированного стандартного потенциометрического метода в соответствии с метрологическими характеристиками, представленными в ГОСТ 34570 [8]. Внутрилабораторный верификационный эксперимент проводили с соблюдением условий повторяемости и промежуточной прецизионности с учетом изменяющихся факторов, указанных на рис. 2.



Рис. 1. Блок-схема определения нитратов в продуктах переработки фруктов и овощей в соответствии с ГОСТ 34570 [8]

Fig. 1. Procedure for the determination of nitrates in fruit processing products and vegetables in accordance with GOST 34570 [8]

Таблица 3. Содержание нитратов в образцах продукции
Table 3. Nitrate content in product samples

№ образца	Наименование образца	Экспериментальное значение, мг/кг	Допустимые уровни, не более, мг/кг [2]
1	Свекла консервированная	1279,2±230,0	1400
2	Нектар морковный	138,6±24,9	250
3	Фруктовое пюре для детского питания	21,8±3,9	50
4	Петрушка листовая свежая	2133,5±384,0	2000
5	Морковь	301,6±54,6	400
6	Банан	57,3±10,3	200
7	Томат сливка	< 30 (8,3±1,5)	150
8	Яблоко «Айдаред»	< 30 (6,4±1,2)	60

В качестве критериев приемлемости полученных результатов были выбраны предел повторяемости ($r = 15 \%$) и предел воспроизводимости ($R = 25 \%$), предельные значения и алгоритмы расчета которых представлены в пп. 11.1–11.3 ГОСТ 34570 [8].

Экспериментальные данные, полученные на разных этапах измерений и необходимые для расчета массовой доли нитратов в пробе — массы образцов, значения концентрации нитратов рХ и массовой доли влаги — представлены в табл. 4.

Данные, полученные в ходе внутрилабораторного эксперимента по верификации изучаемой методики, представлены в табл. 5.

Результаты контроля точности экспериментальных данных (табл. 5), полученные в соответствии с алгоритмом согласно ГОСТ 34570 [8] (пп. 11.2–11.3), представлены в табл. 6.

Вышеприведенная информация свидетельствует о том, что при реализации рассматриваемой методики в лаборатории физико-химических исследований Республиканского контрольно-испытательного комплекса по качеству и безопасности продуктов питания РУП «Научно-практи-

ческий центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» в условиях повторяемости и промежуточной прецизионности не выявлено превышений рассчитанных с учетом выбранных критериев приемлемости — $r = 15\%$ и $R = 25\%$ [8], нормативов.

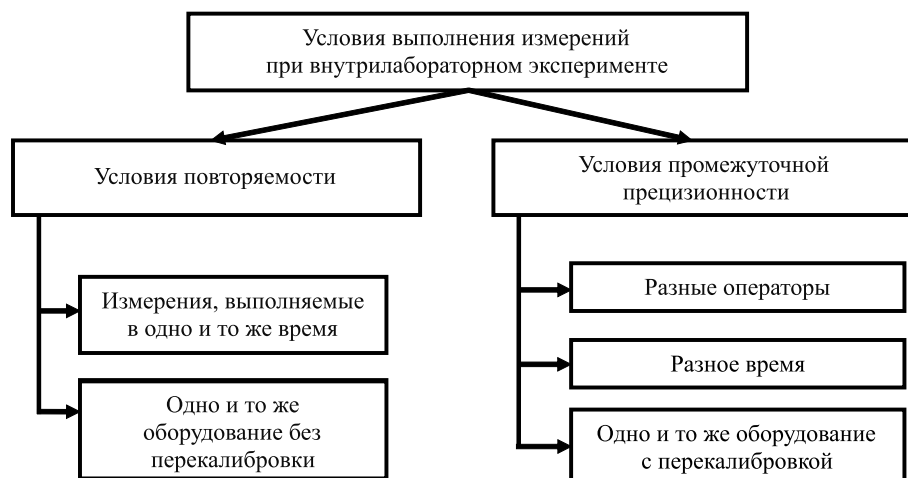


Рис. 2. Условия проведения внутрилабораторного эксперимента
Fig. 2. Conditions for conducting an intralaboratory experiment

Таблица 4. Промежуточные экспериментальные данные для расчета концентрации
аналита в исследуемых образцах

Table 4. Intermediate experimental data for concentration calculation
analyte in test samples

№ образца	Оператор 1			Оператор 2		
	<i>m</i> , г	pX	<i>W</i> , %	<i>m</i> , г	pX	<i>W</i> , %
Образцы продуктов переработки овощей и фруктов						
№1	10,0029	2,448	87,5	10,0039	2,451	87,7
	10,0048	2,459	87,6	10,0028	2,460	87,5
№2	10,0056	3,413	90,9	10,0046	3,417	90,8
	10,0026	3,423	90,8	10,0038	3,426	90,6
№3	10,0083	4,224	82,2	10,0033	4,220	83,1
	10,0050	4,216	81,8	10,0060	4,214	82,8
Образцы фруктовой и овощной продукции						
№4	10,0015	2,233	82,7	10,0014	2,230	82,5
	10,0022	2,242	81,9	10,0024	2,239	80,7
№5	10,0007	3,070	86,3	10,0009	3,076	86,7
	10,0008	3,092	86,5	10,0011	3,087	86,2
№6	10,0050	3,795	74,3	10,0067	3,791	73,5
	10,0066	3,798	73,8	10,0056	3,788	74,1
№7	10,0080	4,640	89,1	10,0090	4,637	89,2
	10,0020	4,643	88,5	10,0079	4,644	89,5
№8	10,0052	4,749	86,1	10,0063	4,751	86,3
	10,0065	4,764	86,4	10,0059	4,762	86,7

Заключение. Результаты выполненного экспериментального исследования позволяют сделать следующие выводы:

- ♦ содержание нитратов в исследуемых образцах свежего растительного сырья и продуктов их переработки соответствовало установленным нормативам [2], за исключением образца №4 — петрушка листовая свежая, где было обнаружено превышение ПДК;

- ♦ результаты реализации внутрилабораторного эксперимента по рассматриваемой методике в условиях повторяемости и промежуточной прецизионности можно считать приемлемыми, поскольку при оценке точности полученных данных не выявлено превышений рассчитанных нормативов.

Таблица 5. Результаты верификационного эксперимента
Table 5. Verification experiment results

Номер образца	Оператор 1			Оператор 2		
	X_1 , мг/кг	X_2 , мг/кг	\bar{X}_1 , мг/кг	X_1 , мг/кг	X_2 , мг/кг	\bar{X}_2 , мг/кг
Образцы продуктов переработки овощей и фруктов						
№1	1298,5	1265,8	1282,2	1289,4	1263,1	1276,25
№2	140,7	137,5	139,1	139,4	136,6	138,0
№3	21,3	21,9	21,6	21,8	22,1	21,95
Образцы фруктовой и овощной продукции						
№4	2130,6	2116,7	2123,65	2145,3	2141,2	2143,25
№5	309,4	294,2	301,8	305,3	297,4	301,35
№6	57,1	56,6	56,85	57,5	57,9	57,7
№7	< 30 (8,4)	< 30 (8,3)	< 30 (8,35)	< 30 (8,4)	< 30 (8,2)	< 30 (8,3)
№8	< 30 (6,5)	< 30 (6,2)	< 30 (6,35)	< 30 (6,4)	< 30 (6,3)	< 30 (6,35)

Таблица 6. Результаты оценки точности экспериментальных данных
Table 6. Results of evaluation of the accuracy of experimental data

Номер образца	Условия повторяемости				Условия воспроизводимости	
	Фактическое значение		Нормативное значение(расчетное)		Фактическое значение	Нормативное значение (расчетное)
	$X_1 - X_2$		$0,01\bar{X}$			
	Оператор 1	Оператор 2	Оператор 1	Оператор 2	$\bar{X}_1 - \bar{X}_2$	$0,01\bar{X}$
Образцы продуктов переработки овощей и фруктов						
№1	32,7	26,3	192,3	191,4	5,9	319,8
№2	3,2	2,8	20,9	20,7	1,1	34,6
№3	0,6	0,3	3,2	3,3	0,35	5,4
Образцы фруктовой и овощной продукции						
№4	13,9	4,1	318,5	321,5	19,6	533,4
№5	15,2	7,9	45,3	45,2	0,45	75,4
№6	0,5	0,4	8,5	8,7	0,85	14,3
№7	0,1	0,2	1,3	1,2	0,05	2,1
№8	0,3	0,1	1,0	1,0	0	1,6

Таким образом, стандартная потенциометрическая методика определения массовой доли нитратов в варианте, изложенном в ГОСТ 34570 [8], может быть использована в лаборатории физико-химических испытаний Республиканского контрольно-испытательный комплекса по качеству и безопасности продуктов питания РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» для определения содержания нитратов в овощах, фруктах и продуктах их переработки в диапазоне концентраций от 30 до 2000 мг/кг.

Полученные результаты будут использованы сотрудниками учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» при подготовке студентов, обучающихся на I ступени высшего образования по специальности 1–54 01 03 «Физико-химические методы и приборы контроля качества продукции» специализации 1–54 01 03 02 «Сертификация продовольственных товаров» в учебно-исследовательской работе студентов, дипломном проектировании, а также при изучении дисциплины «Химико-аналитический контроль пищевых продуктов»:

- ♦ в лекционном курсе — с целью изучения теоретических и практических аспектов внедрения новых и модифицированных методов в практику работы аккредитованных испытательных лабораторий;
- ♦ в лабораторном практикуме — для освоения метода прямой потенциометрии и различных способов определения концентрации аналита, в частности метода двойных добавок с градуировкой (или метод Грана).

Список использованных источников

1. Нитраты, нитриты и N-нитрозосоединения / Совместная программа ООН и ВОЗ: Гигиенические критерии состояния окружающей среды; сост. L. Griciute; пер. с англ. И.В. Сутокская. — Москва: Медицина, 1981. — 118 с.

2. О безопасности пищевой продукции: ТР ТС 021/2011. — Введ. 2011–12–09. — Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2011. — 154 с.
3. Продукты пищевые. Определение содержания нитрата и/или нитрита. Часть 3. Спектрофотометрический метод определения содержания нитрата и нитрита в мясных продуктах с применением ферментативного восстановления нитрата до нитрита: ГОСТ EN 12014-3–2015. — Введ. 2015–07–29. — Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2015. — 16 с.
4. Вода. Методы определения азотсодержащих веществ: ГОСТ 33045–2014. — Введ. 2016–11–01. — Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2016. — 24 с.
5. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения нитратов: ГОСТ 29270–95. — Введ. 1997–07–01. — Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1997. — 15 с.
6. Приборы и методы определения нитратов в продуктах растениеводства / Методы и техническое обеспечение контроля качества товаров [Электронный ресурс]. — Москва, 2022. — Режим доступа: <https://znaytovar.ru/new136.html>. — Дата доступа: 15.05.2022.
7. Электрохимические методы анализа : учеб. пособие / А. Н. Козицина, А. В. Иванова, Ю. А. Глазырина [и др.]; под общ. ред. А. И. Матерна ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2017. — 128 с.
8. Фрукты, овощи и продукты их переработки. Потенциометрический метод определения нитратов [Текст]: ГОСТ 34570–2019. — Введ. 2020–12–01. — Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2020. — 17 с.
9. Продукты переработки фруктов и овощей. Методы определения общего содержания сухих веществ: ГОСТ 33977–2016. — Введ. 2018–10–01. — Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2018. — 20 с.
10. Продукты переработки фруктов и овощей, консервы мясные и мясорастительные. Подготовка проб для лабораторного анализа: ГОСТ 26671–2014. — Введ. 2016–01–01. — Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2016. — 7 с.

Информация об авторах

Шачек Татьяна Михайловна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры физико-химических методов сертификации продукции УО «Белорусский государственный технологический университет» (Свердлова, 13а, 220006, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: shachek@tut.by

Горбачевич Ульяна Сергеевна, инженер-химик РУП «Институт мясо-молочной промышленности» (Партизанский пр-т, 17, 2220075, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: gorbacevich.95@mail.ru

Комарова Наталья Викторовна, кандидат технических наук, начальник Республиканского контрольно-испытательного комплекса по качеству и безопасности продуктов питания РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: rkik-npc@mail.ru

Красовская Елена Сергеевна, заведующий лабораторией физико-химических исследований Республиканского контрольно-испытательного комплекса по качеству и безопасности продуктов питания РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: am0989362@gmail.com

Information about authors

Shachek Tatyana Mikhaylovna, PhD (Technical), associate professor, associate professor, Department of Physical-Chemical Methods of Products Certification Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: shachek@tut.by

Harbatsevich Ulyana Sergeevna, chemist engineer of RUE “Institute of Meat and Dairy Industry” (172 Partizansky Ave, 220075, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: gorbacevich.95@mail.ru

Komarova Natalia Viktorovna, PhD (Technical), the head of the Republican control and testing complex for foodstuffs quality and safety of RUE “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: rkik-npc@mail.ru

Krasouskaya Elena Sergeevna, head of the Laboratory of Physical-Chemical Research of the Republican Control and Testing Complex for Food Quality and Safety of RUE “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (29, Kozlova str., Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: am0989362@gmail.com