



## ПИЩЕВЫЕ СИСТЕМЫ/FOOD SYSTEMS

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.166.59> EDN: TNIULP

## РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ КРАХМАЛА В ПРОДУКТАХ ПЕРЕРАБОТКИ МОЛОКА С ЦЕЛЬЮ ВЫЯВЛЕНИЯ ФАЛЬСИФИКАЦИИ

Научная статья

Алпатова Н.В.<sup>1,\*</sup><sup>1</sup> ORCID : 0000-0002-2788-610X;<sup>1</sup> Кубанский государственный университет, Краснодар, Российская Федерация<sup>1</sup> Кубанский государственный технологический университет, Краснодар, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (alpatova\_nat[at]mail.ru)

**Аннотация**

Одним из распространённых способов фальсификации молока и продуктов его переработки является добавление крахмала. Целью работы явилась разработка методики количественного определения крахмала в продуктах переработки молока, которую возможно реализовать в рутинной практике испытательных лабораторных центров. Предложенная методика основана на получении прозрачного раствора молока или продуктов его переработки после осаждения белков и жиров, последующем получении комплекса крахмала с йодом, измерении его оптической плотности, нахождении концентрации по градуировочному графику зависимости оптической плотности от концентрации с учётом навески и разбавления. Достоверность результатов определения концентрации крахмала была оценена путём её сравнения с концентрацией стандартных образцов крахмала в молоке и продуктах его переработки. Результаты определения концентрации крахмала также сравнивались с результатами определения в соответствии с действующим нормативным документом.

**Ключевые слова:** молоко, продукты переработки молока, фальсификация, крахмал, комплекс крахмала с йодом, спектроскопия.

## DEVELOPMENT OF A METHOD FOR THE QUANTITATIVE MEASUREMENT OF STARCH IN DAIRY PRODUCTS FOR THE PURPOSE OF DETECTING FOOD ADULTERATION

Research article

Alpatova N.V.<sup>1,\*</sup><sup>1</sup> ORCID : 0000-0002-2788-610X;<sup>1</sup> Kuban State University, Krasnodar, Russian Federation<sup>1</sup> Kuban State Technological University, Krasnodar, Russian Federation

\* Corresponding author (alpatova\_nat[at]mail.ru)

**Abstract**

One of the most common methods of adulterating milk and dairy products is the addition of starch. The aim of the study was to develop a method for the quantitative measurement of starch in dairy products that can be implemented in the routine practice of testing laboratories. The suggested method is based on obtaining a clear solution of milk or dairy products after the precipitation of proteins and fats, followed by the formation of a starch-iodine complex, the measurement of its optical density, and the determination of the concentration using a calibration curve showing the relationship between optical density and concentration, taking into account the sample weight and dilution. The reliability of the starch concentration results was evaluated by comparing them with the concentrations of standard starch samples in milk and dairy products. The starch concentration results were also compared with those obtained in accordance with the current regulatory document.

**Keywords:** milk, dairy products, adulteration, starch, starch-iodine complex, spectroscopy.

**Введение**

Молоко — ценный источник полезных микроэлементов и поэтому является одним из важных продуктов питания в рационе человека [1], [2]. К сожалению, в современном мире не обходится без фальсификации молока и продуктов его переработки, это делается для увеличения сроков годности, а также снижению стоимости [3], [4], [5]. Основным способом фальсификации молочных продуктов является добавление крахмала [6].

Существуют научные подходы для количественного определения крахмала в продуктах переработки молока, однако их недостатком является высокая стоимость оборудования и квалификация исполнителя [7], [8]. Недостатком методики, описанной в ГОСТ Р 54759-2011, является проведение солянокислого гидролиза по п. 7.4.1 (разрушение крахмала до моно-сахаров), потому что при этом будет гидролизироваться лактоза и другие сахара если они были добавлены, и также определяться йодометрическим методом, как и по ГОСТ Р 54667-2011 п.7 методом Бертрана.

Хорошо известен способ качественного определения крахмала с помощью водно-спиртового раствора йода, этот метод позволяет дать качественную оценку присутствия крахмала, в том числе в продуктах переработки молока. В пробах, не содержащих крахмал, окрашивание йода остается коричнево-желтым. При наличии крахмала в молочной продукции, йод окрашивается в синий цвет, в связи с образованием йодо-крахмального (амилозного) комплекса [9].

Природа реакции йода и крахмала считается связанной с выравниванием атомов йода внутри амилозной спирали крахмала с образованием комплексного соединения [10]. Интересным является исследование спектров поглощения комплексного соединения крахмала и йода в видимой области спектра [11].

Целью работы явилась разработка методики количественного определения крахмала в продуктах переработки молока, которую возможно реализовать в рутинной практике испытательных лабораторных центров. Новизна разработанной методики заключается в определении массовой доли крахмала, которая исключает одновременное определение крахмала с сахарами, благодаря отсутствию проведения гидролиза, а также использованию специфической реакции крахмала с йодом и регистрации цвета с помощью спектрофотометра.

### Методы и принципы исследования

Образцы питьевого молока, сливок, и сухого цельного молока предоставлены УНИИМ-филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева» в виде стандартных образцов ГСО 11504-2020 молоко питьевое, ГСО 11505-2020 сливки питьевые, ГСО 11087-2018 молоко сухое цельное. Затем стандартные образцы молока, содержащие крахмал, были приготовлены путем добавления крахмала методом навески на аналитических весах: в образце 1 (сухое молоко) содержание крахмала составило 12%; в образце 2 (питьевое молоко) — 1,6%; в образце 3 (сливки) — 5,3%. В работе также используются следующие химические реактивы: уксусная кислота 10% раствор, калий йодистый марки «чда», калий йодноватокислый марки «чда», уксуснокислый цинк 2-ух водный марки «чда», железистосинеродистый калий. Все вышеперечисленные реактивы были предоставлены ОА «ЛенРеактив», Санкт-Петербург, Россия.

Спектры поглощения и значения оптической плотности были получены с помощью спектрофотометра Спектрофотометр ПЭ-5400УФ со спектральным диапазоном 190-1000 нм, кювета стеклянная КФК 10 мм, Экрос, производство ООО «ЭКРОСХИМ», Санкт-Петербург, Россия.

Методика базируется на создании калибровочных образцов с заранее известным содержанием крахмала, измерении оптической плотности комплекса крахмала и йода, который в свою очередь образуется при взаимодействии растворов уксусной кислоты, йодида калия и йодноватокислого калия. Измерения проводятся относительно раствора сравнения при длине волны 570 нм в кювете с толщиной слоя 10 мм. Далее строится градуировочный график, который отражает зависимость оптической плотности от содержания крахмала. На основании этого графика определяется количество крахмала в исследуемом образце молока или молочного продукта, после удаления белков и жиров, а также с учётом навески и степени разбавления.

Для построения градуировочного графика готовились рабочие (стандартные) растворы с известной концентрацией для этого в семь химических стаканов объёмом 50 см<sup>3</sup> с помощью пипетки объёмом 10 см<sup>3</sup> добавили от 1 до 7 см<sup>3</sup> стандартного образца крахмала (концентрация 0,1 мг/см<sup>3</sup>) и дистиллированную воду (от 9 до 3 см<sup>3</sup>) так, чтобы общий объём раствора составил 10 см<sup>3</sup>. Затем в каждый стакан добавили 12 см<sup>3</sup> 2 моль/дм<sup>3</sup> раствора уксусной кислоты, 2,5 см<sup>3</sup> 10%-го раствора йодида калия и 25 см<sup>3</sup> раствора йодноватокислого калия с концентрацией 0,0357 г/см<sup>3</sup>. Раствор в мерной колбе перемешали круговыми вращательными движениями и оставили на 10 минут. Одновременно готовился раствор сравнения, смешением 10 см<sup>3</sup> дистиллированной воды, 12 см<sup>3</sup> раствора уксусной кислоты 2 моль/дм<sup>3</sup>, 2,5 см<sup>3</sup> раствора йодида калия 10 г/100 см<sup>3</sup> и 25 см<sup>3</sup> раствора йодноватокислого калия 0,0357 г/см<sup>3</sup>. При взаимодействии вышеперечисленных реагентов идет химическая реакция  $KIO_3 + 5KI + 6CH_3COOH \rightarrow 3I_2 + 6CH_3COOK + 3H_2O$ , в результате которой выделяется свободный йод, вода и ацетат калия. Затем после добавления раствора крахмала образуется йодо-крахмальным комплекс интенсивно тёмно-синего цвета. Оптическую плотность, полученных образцов по отношению к раствору сравнения, измеряли на спектрофотометре в кювете с толщиной поглощающего слоя 10 мм при длине волны 570 нм. Пример спектра поглощения йодно-крахмального комплекса с содержанием крахмала 0,05 мг показан на рисунке 1.

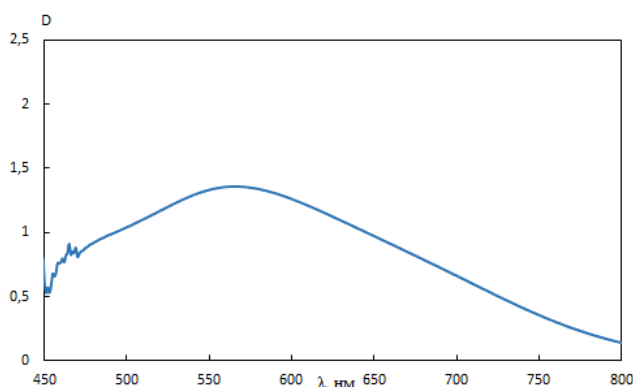


Рисунок 1 - Спектр поглощения йодно-крахмального комплекса с содержанием крахмала 0,05 мг

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.166.59.1>

Градуировочный график строился, откладывая по оси абсцисс количество крахмала, находящегося в каждом стандартном растворе от 0,01 до 0,07 мг; по оси ординат — соответствующие им значения оптической плотности

окрашенного комплекса крахмала с йодом. На рисунке 2 показан градуировочный график зависимости оптической плотности йодно-крахмального комплекса от содержания крахмала.

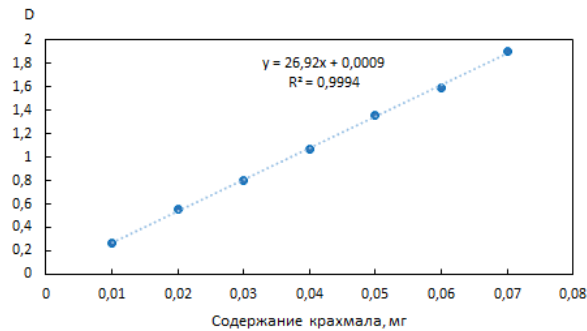


Рисунок 2 - Градуировочный график зависимости оптической плотности от содержания крахмала  
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.166.59.2>

Для подготовки проб молочных продуктов выполнялся ряд последовательных действий. Сначала из проб механическим способом удалили все пищевкусовые добавки (сухофрукты, орехи, кофе, шоколад). Затем пробы нагрели на водяной бане до 32 °С и полностью перенесли в стакан гомогенизатора. В течение трёх минут при скорости вращения 5000 оборотов в минуту продукт довели до получения однородной массы. Далее от 1 до 10 г с точностью до 0,001 г (подбирается экспериментально) молочного продукта перенесли в мерную колбу на 250 см<sup>3</sup> и постепенно добавили горячую воду (70 °С), растворяя смесь до однородного состояния. Общий объём воды составил примерно 150 см<sup>3</sup>. Чтобы осадить жиры и белки, в колбу добавили 3 см<sup>3</sup> раствора уксуснокислого цинка с концентрацией 300 г/дм<sup>3</sup>, выдержали одну минуту, а затем внесли 3 см<sup>3</sup> железистосинеродистого калия с концентрацией 150 г/дм<sup>3</sup> (Реактив Корреза). Содержимое аккуратно перемешали и дали отстояться 10 минут. Когда над осадком образовался прозрачный слой жидкости, колбу охладили до 25 °С, долили воду до метки, интенсивно взболтали и оставили ещё на 30 минут. После этого жидкость отфильтровали через сухой складчатый фильтр, отбрасывая первые 25 см<sup>3</sup> фильтрата. С помощью пипетки Мора объёмом 1, 5, 10 или 25 см<sup>3</sup> перенесли фильтрат в мерную колбу объёмом 50, 100 или 250 см<sup>3</sup> и разбавили так, чтобы концентрация крахмала попала в диапазон градуировочного графика. Затем 10 см<sup>3</sup> разбавленного фильтрата поместили в химический стакан объёмом 50 см<sup>3</sup> и добавили необходимые реактивы (уксусную кислоту, йодистый калий, йодноватокислый калий) в объёмах и концентрациях, как для построения градуировочного графика. Смесь в мерной колбе перемешали круговыми вращательными движениями, оставили на 10 минут, а затем измерили оптическую плотность на спектрофотометре в кювете с толщиной поглощающего слоя 10 мм при длине волны 570 нм, относительно раствора сравнения.

Массовую долю крахмала, % в молоке или продуктах переработки молока рассчитывают по формуле:

$$X1 = \frac{C \cdot V1 \cdot K}{m \cdot V2 \cdot 1000} 100\%$$

где С — количество крахмала, определенное по градуировочному графику, мг;

1000 — коэффициент пересчета в мг;

V1 — общий объём исследуемого раствора, см<sup>3</sup>;

K — коэффициент разбавления;

V2 — объём раствора, взятый для анализа, см<sup>3</sup>;

m — масса навески молока или продукта переработки молока, г.

### Обсуждение

Для выявления точности и селективности разработанной методики, были приготовлены стандартные образцы, содержащие крахмал, путем его добавления методом навески на аналитических весах в образцы молока и продукты его переработки: в образце 1 (сухое молоко) содержание крахмала составило 12,0%; в образце 2 (питьевое молоко) — 1,6%; в образце 3 (сливки) — 5,3%. Полученные образцы были проанализированы по разработанной методике, среднеарифметические результаты двух параллельных определений показаны в таблице 1.

Таблица 1 - Результаты определения количества крахмала

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.166.59.3>

Наименование методики	Номер образца		
	Образец 1 сухое молоко	Образец 2 питьевое молоко	Образец 3 сливки
Метод навески, %	12,0	1,6	5,3

Наименование методики	Номер образца		
	Образец 1 сухое молоко	Образец 2 питьевое молоко	Образец 3 сливки
крахмала			
Разработанная методика, % крахмала	12,5	1,4	5,5

Достоверность результатов определения крахмала, полученных по разработанной методике, подтверждена их сравнением со значениями содержания крахмала в стандартных образцах. Так, погрешность определения для первого образца (сухое молоко) составляет 4,2%; для второго образца (питьевое молоко) — 12,2%; для третьего (сливки) — 3,8%.

Также было проведено определение количества крахмала в молоке и продуктах переработки молока (образец 1 — сухое молоко, образец 2 — питьевое молоко, образец 3 — сливки) разработанной методикой и по ГОСТ Р 54759-2011 п.7, для всех образцов 1,2 и 3 также проводили определение редуцирующих сахаров. Для образца сухого молока определение проводили по ГОСТ 29248-91 п. 5, для образцов питьевое молоко и сливок определение проводили по ГОСТ Р 54667-2011 п. 7. В таблице 2 представлены среднеарифметические результаты двух параллельных результатов определения с указанием погрешности.

Таблица 2 - Результаты определения количества крахмала, лактозы и общего сахара

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.166.59.4>

Наименование методики	Номер образца		
	Образец 1 сухое молоко	Образец 2 питьевое молоко	Образец 3 сливки
ГОСТ 29248-91 п. 5.2, % лактозы	42,14±1,00	-	-
ГОСТ Р 54667-2011 п. 7.5, % общий сахар	-	5,5±1,1	8,9±1,1
ГОСТ Р 54759-2011 п. 7.5, % крахмала	55,3±12,2	5,8±1,3	8,8±1,9
Разработанная методика, % крахмала	12,5	1,4	5,5

Анализ данных, показал, что разработанная методика позволяет определить содержание крахмала в образцах молока и продуктах переработки молока без его разрушения (без проведения гидролиза) в отличие от ГОСТ Р 54759-2011 п. 7. Также в таблице показано, что при проведении анализа по ГОСТ Р 54759-2011 п. 7 вместе с крахмалом определяются сахара. Это обусловлено тем, что при выполнении анализа определения сахаров по ГОСТ Р 54667-2011 проводится гидролиз сахаров и крахмала соляной кислотой по п. 7.4.3, аналогичный как при анализе определения крахмала по ГОСТ Р 54759-2011 п. 7.4.1. При этом ГОСТ 29248-91 не предполагает гидролиз при проведении анализа определения лактозы по п. 5.1.1, так как лактоза тоже разрушается при проведении гидролиза до моно сахаров. По этой причине при анализе примера 1 (сухое молоко) по ГОСТ 29248-91 п. 5 определяются только лактоза, по ГОСТ Р 54759-2011 п.7 общее содержание сахаров и крахмала, а разработанной методикой только крахмал, так как не проводится гидролиз и используется специфическая реакция крахмала с йодом с образованием окрашенного комплекса, определённого количественно фотометрическим методом.

### Заключение

Для количественного определения крахмала в молоке и продуктах его переработки была разработана методика, основными принципами которой являются: получение прозрачного раствора молока или продуктов его переработки после осаждения белков и жиров с использованием реактива Корреза; получение комплекса крахмала с йодом, который, в свою очередь, образуется в результате взаимодействия уксусной кислоты, йодистого калия, йодноватокислого калия; измерение максимального значения оптической плотности в видимой области спектра (570 нм); нахождение концентрации по градуировочному графику зависимости оптической плотности от концентрации (диапазон концентраций крахмала от 0,01 до 0,07 мг) с учётом навески и разбавления.

Достоверность результатов определения крахмала, полученных по разработанной методике, подтверждена их сравнением со значениями содержания крахмала в стандартных образцах, приготовленных методом навески. Погрешность определения для первого образца (сухое молоко) составляет 4,2%; для второго образца (питьевое молоко) — 12,2%; для третьего (сливки) — 3,8%.

Также показано, что разработанная методика позволяет определить содержание крахмала в образцах молока и продуктах переработки молока без его разрушения (без проведения гидролиза), в отличие от ГОСТ Р 54759-2011 п. 7. Это позволяет повысить точность его определения.

**Конфликт интересов**

Не указан.

**Рецензия**

Сообщество рецензентов Международного научно-исследовательского журнала  
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.166.59.5>

**Conflict of Interest**

None declared.

**Review**

Community of Reviewers of the International Research Journal  
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.166.59.5>

**Список литературы / References**

1. Chalupa-Krebzdak S. Nutrient density and nutritional value of milk and plant-based milk alternatives / S. Chalupa-Krebzdak, C.J. Long, B.M. Bohrer // *International Dairy Journal*. — 2018 — Vol. 87. — P. 84–92.
2. Крупин Е.О. Взаимосвязь химического состава молока с величинами диагностических показателей интенсивности обмена веществ / Е.О. Крупин, Ш.К. Шакиров, Г.Р. Юсупова // *Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана*. — 2021. — Т. 245. — № 1. — С. 87–91.
3. Комин А.Э. К вопросу о фальсификации молока и молочных продуктов / А.Э. Комин, И.Н. Ким, И.И. Бородин // *ТППП АПК*. — 2020. — № 4. — С. 62–66.
4. Шишкина Д.И. Анализ потребления молока и выявление фальсификаций в молочной продукции / Д.И. Шишкина, А.В. Сергеева, А.А. Морозова // *Вестник ВГУИТ*. — 2021. — № 3 (89). — С. 151–158.
5. Жилинкова К.Б. Проблемы фальсификации молочной продукции и их влияние на рынок молока и состояние молочной отрасли / К.Б. Жилинкова // *Экономика. Информатика*. — 2021. — Т. 48. — № 4. — С. 697–706.
6. Patel K.N. Milk adulteration and their detection technique / K.N. Patel, P. Alisha // *International Journal of Scientific Development and Research (IJS DR)* — 2021. — Vol. 6. — Iss. 5. — P. 190–205.
7. Буданина Л.Н. Исследование подлинности сухого молока методами термического анализа и электронной микроскопии / Л.Н. Буданина, Ал.Л. Верещачгин, Н.В. Бычин // *Техника и технология пищевых производств*. — 2017. — № 1. — С. 93–99.
8. Padma S. Sessile drop evaporation approach to detect starch adulteration in milk / S. Padma, V. Dugyala, Sh. Pradhan [et al.] // *Food Control*. — 2022. — Vol. 143. — Art. 109272. — DOI: 10.1016/j.foodcont.2022.109272.
9. Третьяков А.И. Качественный и количественный химический анализ молока / А.И. Третьяков // *Научный журнал молодых ученых*. — 2018. — № 2 (11). — С. 11–15.
10. Pesek S. The Iodine/Iodide/Starch Supramolecular Complex / S. Pesek, R. Silaghi-Dumitrescu // *Molecules*. — 2024. — № 29 (3). — P. 641. — DOI: 10.3390/molecules29030641.
11. Фадеев Г.Н. Термически обратимое равновесие в системе йод крахмал / Г.Н. Фадеев, В.В. Синкевич, Н.А. Богатов // *Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Сер. Естественные науки*. — 2015. — № 2 (59). — С. 125–133.

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Chalupa-Krebzdak S. Nutrient density and nutritional value of milk and plant-based milk alternatives / S. Chalupa-Krebzdak, C.J. Long, B.M. Bohrer // *International Dairy Journal*. — 2018 — Vol. 87. — P. 84–92.
2. Krupin Ye.O. Vzaimosvyaz khimicheskogo sostava moloka s velichinami diagnosticheskikh pokazatelei intensivnosti obmena veshchestv [The relationship between the chemical composition of milk and diagnostic indicators of metabolic rate] / Ye.O. Krupin, Sh.K. Shakirov, G.R. Yusupova // *Uchenie zapiski Kazanskoj gosudarstvennoy akademii veterinarnoi meditsini im. N.E. Bauman* [Scientific Proceedings of the N.E. Bauman Kazan State Academy of Veterinary Medicine]. — 2021. — Vol. 245. — № 1. — P. 87–91. [in Russian]
3. Komin A.E. K voprosu o falsifikatsii moloka i molochnikh produktov [On the issue of the adulteration of milk and dairy products] / A.E. Komin, I.N. Kim, I.I. Borodin // *TPPP APK*. — 2020. — № 4. — P. 62–66. [in Russian]
4. Shishkina D.I. Analiz potrebleniya moloka i viyavlenie falsifikatsii v molochnoi produktsii [Analysis of milk consumption and detection of adulteration in dairy products] / D.I. Shishkina, A.V. Sergeeva, A.A. Morozova // *Vestnik VGUIT* [Bulletin of VSUIT]. — 2021. — № 3 (89). — P. 151–158. [in Russian]
5. Zhilinkova K.B. Problemi falsifikatsii molochnoi produktsii i ikh vliyanie na rinok moloka i sostoyanie molochnoi otrasli [The problem of adulteration in dairy products and its impact on the milk market and the state of the dairy industry] / K.B. Zhilinkova // *Ekonomika. Informatika* [Economics. Informatics]. — 2021. — Vol. 48. — № 4. — P. 697–706. [in Russian]
6. Patel K.N. Milk adulteration and their detection technique / K.N. Patel, P. Alisha // *International Journal of Scientific Development and Research (IJS DR)* — 2021. — Vol. 6. — Iss. 5. — P. 190–205.
7. Budanina L.N. Issledovanie podlinnosti sukhogo moloka metodami termicheskogo analiza i elektronnoi mikroskopii [Study of the authenticity of dry milk using thermal analysis and electron microscopy] / L.N. Budanina, Al.L. Vereshchagin, N.V. Bichin // *Tekhnika i tekhnologiya pishchevikh proizvodstv* [Food Production Engineering and Technology]. — 2017. — № 1. — P. 93–99. [in Russian]
8. Padma S. Sessile drop evaporation approach to detect starch adulteration in milk / S. Padma, V. Dugyala, Sh. Pradhan [et al.] // *Food Control*. — 2022. — Vol. 143. — Art. 109272. — DOI: 10.1016/j.foodcont.2022.109272.
9. Tretyakov A.I. Kachestvennii i kolichestvennii khimicheskii analiz moloka [Qualitative and quantitative chemical analysis of milk] / A.I. Tretyakov // *Nauchnii zhurnal molodikh uchenikh* [Scientific Journal of Young Scientists]. — 2018. — № 2 (11). — P. 11–15. [in Russian]



10. Pesek S. The Iodine/Iodide/Starch Supramolecular Complex / S. Pesek, R. Silaghi-Dumitrescu // *Molecules*. — 2024. — № 29 (3). — P. 641. — DOI: 10.3390/molecules29030641.
11. Fadeev G.N. Termicheski obratimoe ravnovesie v sisteme yod krakhmal [Thermally reversible equilibrium in an iodine-starch system] / G.N. Fadeev, V.V. Sinkevich, N.A. Bogatov // *Vestnik MGTU im. N. E. Baumana. Ser. Yestestvennie nauki* [Bulletin of the Bauman Moscow State Technical University. Natural Sciences Series]. — 2015. — № 2 (59). — P. 125–133. [in Russian]