

УДК: 547.874.14:637.14.07  
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.2.180

## К ВОПРОСУ О МЕТОДАХ ИДЕНТИФИКАЦИИ МЕЛАМИНА В МОЛОКЕ И ПРОДУКТАХ ЕГО ПЕРЕРАБОТКИ

Дрозд А.В.\* – канд. ветеринар. наук, асс. каф. физической культуры и основ военной подготовки (ORCID 0000-0002-4575-7213); Жмуркина П.С. – магистрант 1 курса факультета ветеринарно-санитарной экспертизы.

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет  
ветеринарной медицины»

\* 1a2v3d@mail.ru

**Ключевые слова:** молоко, меламин, определение белка, безопасность молока, фальсификация.

**Keywords:** milk, melamine, protein determination, milk safety, adulteration.

**Финансирование:** Работа выполнена при поддержке Министерства сельского хозяйства Российской Федерации в рамках государственного задания за счет средств федерального бюджета (соглашение №082-03-2024-253 от 26.01.2024).

Поступила: 13.05.2024

Принята к публикации: 10.06.2024

Опубликована онлайн: 28.06.2024



### РЕФЕРАТ

Развитие и интенсификация молочной промышленности в настоящее время зачастую влекут появление в обращении фальсифицированной пищевой продукции. Широко распространена компонентная фальсификация молока в отношении наиболее ценной белковой составляющей. На сегодняшний день проблема состоит в том, что оценка количества белка в молоке и продуктов его переработки арбитражными методами основана на определении азота и в настоящее время несовершенна, поскольку при фальсификации азотсодержащими веществами, такими как меламин, мочевины дает ложные завышенные значения и не позволяет осуществлять оперативный входной и производственный контроль. Нами был проведен анализ нормативно-правовой базы, научных публикаций отечественных и зарубежных авторов, обзорных материалов из открытых источников за последние 10 лет по вопросам фальсификации белковой составляющей молока и продуктов его переработки, методах идентификации фальсифицирующих компонентов. В результате анализа нормативных документов и научной литературы установили, что существующие утверждённые в нормативных документах методы трудоемки при воспроизведении, требуют специального оборудования, обучения персонала для работы на этом оборудовании, применение химических реактивов и вспомогательного оборудования, зачастую дорогостоящего. Современный метод идентификации меламина с применением инфракрасных анализаторов позволит с большой точностью устанавливать его количественные значения при наличии соответствующих градуировочных зависимостей, во многом ускорит, и упростит процедуру сдачи-приемки молока-сырья с сохранением показателей качества и безопасности на высоком уровне в соответствии с нормативными документами.

## ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Развитие и интенсификация молочной промышленности в настоящее время зачастую влекут появление в обращении фальсифицированной пищевой продукции. Широко распространена компонентная фальсификация молока в отношении наиболее ценной белковой составляющей [1; 2; 3]. В качестве фальсифицирующих веществ используют такие химические соединения, которые в своем составе содержат азот, например меламина.

Молекула меламина, представленная на рисунке 1, является органическим веществом, содержащим шесть атомов азота в структуре. Эта особенность химического строения молекулы способствует повышению уровня содержания азота при добавлении в пищевую продукцию, что в свою очередь при лабораторном анализе на определение массовой доли белка дает завышенные значения. 1,3,5-триазин-2,4,6-триамин является производным мочевины и его получают в химической промышленности путем синтеза и используют в производстве различных полимеров, лакокрасочных материалов, пенопластов и прочее. Однако, известно несколько случаев обнаружения 1,3,5-триазин-2,4,6-триамина в пищевых продуктах и кормах. Так, в период с 2006 по 2008 год меламина был обнаружен в кормах для продуктивных животных в Китае и США, а в 2008 году его обнаружили сухом детском питании в Китае (Письмо Роспотребнадзора от 30.09 2008 года № 01/10818-8-32). Кроме того, его добавляли в шоколадные батончики, кофе, печенье (таблица 1). Употребление продуктов с меламинами привело к почечной недостаточности, диагно-

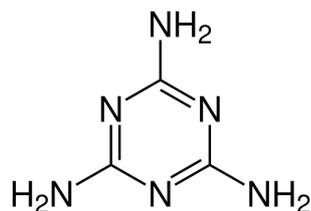


Рисунок 1 – Химическая структура меламина (1,3,5-триазин-2,4,6-триамин).

стированной у детей, а так же к гибели младенцев.

Всемирной организацией здравоохранения ООН при участии других международных организаций были проведены исследования по токсичности меламина, разработке летальных разовых и среднесуточных доз (рисунок 2 и 3). Ему был присвоен второй класс опасности и установлено его влияние на мочевыделительную систему.



Рисунок 2 – Предельно-допустимая концентрация максимально разовая.



Рисунок 3 – Предельно-допустимая концентрация среднесуточная.



Рисунок 4 – Предельно-допустимая концентрация меламина в молоке и продуктах его переработки.

Таблица 1 – Список молочных продуктов, в которых обнаружен меламина

Дата обнаружения, год	Наименование продукции	Страна обнаружения	Производитель	Обнаруженные концентрации, мг/кг
2008	Сливочные конфеты «White Rabbit»	Новая Зеландия, Сингапур, Китай	Китай	4,6-180,0
2008	Торт «Четыре моря» (со вкусом клубники)	Китай	Китай	6,1
2008	Молочные напитки «Dutch Lady» с разными вкусами	Сингапур	Сингапур	9,43-58,7
2008	Молоко пастеризованное «Nestle Dairy Farm»	Китай	Китай	1,4
2008	Молоко и молочная продукция «Yili»	Китай	Китай	2,2-9,9
2008	Молочный напиток «Youzhiyou»	Китай	Китай	0,765
2008	Молоко и молочная продукция «Mengniu»	Китай	Китай	1,0-7,0
2008	Йогурты «Guangming»	Китай	Китай	0,6-8,6
2008	Детские молочные смеси различных производителей	Китай	Китай	0,09-2563,0

В связи с этим в нашей стране были разработаны предельно допустимые концентрации (ПДК) для меламина в молоке и продуктах его переработки и методы его обнаружения и идентификации (рисунок 4).

Так, для оценки белкового состава молока в нашей стране регламентирована методика расчета «истинного белка» путем определения разницы массовой доли общего азота и массовой доли небелкового азота молока с последующим умножением полученной величины на коэффициент 6,38.

С целью оптимизации содержания белка в молочных продуктах производители могут использовать меламина и мочевины, содержащих азот, определяемый методами Кельдаля и Дюма. Цель работы заключалась в изучении имеющихся литературных данных по вопросам фаль-

сификации молока в отношении белковой составляющей молока и методах ее выявления.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Нами был проведен анализ нормативно-правовой базы, научных публикаций отечественных и зарубежных авторов, обзорных материалов из открытых источников за последние 10 лет по вопросам фальсификации белковой составляющей молока и продуктов его переработки и методов идентификации фальсифицирующих компонентов.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

На сегодняшний день проблема состоит в том, что основным методом определения белка в молоке и молочных продуктах, регламентированным нормативно-технической документацией, является ГОСТ 23327-98 «Молоко и молочные

продукты. Метод измерения массовой доли общего азота по Кьельдалю и определение массовой доли белка». Данный метод требует специального оснащения, большого количества химических реактивов и весьма трудоемкий. Кроме того, ГОСТ 25179-2014 «Молоко и молочные продукты. Методы определения массовой доли белка» предполагает определение белка в молоке формальным титрованием или колориметрически. Однако использование метода формального титрования возможно только при согласовании с поставщиком сырья, а колориметрический метод осуществляется на фотоэлектроколориметре, в связи с чем они не нашли широкого применения (рисунок 5).

Оценка количества белка в молоке и продуктов его переработки методом Кьельдаля из результатов по содержанию азота в настоящее время несовершенна, поскольку при фальсификации азотсодержащими веществами, такими как меламин, мочевины дает ложные завышенные значения, в связи с чем сегодня на территории РФ действует национальный стандарт ГОСТ Р 52054-2003 «Молоко коровье сырое. Технические условия», регламентирующий такие показатели как содержание небелкового азота, содержание мочевины, массовая доля истинного бел-

ка. В то же время данным стандартом установлено, что «контроль данного показателя не является обязательным и проводится по усмотрению производителя».

Показатель количественного содержания меламина отнесен к критерию безопасности молока и молочных продуктов, а, следовательно, контроль его осуществляется лишь в рамках декларирования на соответствие требованиям Технического регламента Таможенного союза ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции». Кроме того, ГОСТ 52054 предполагает определение массовой доли истинного белка вычислять по разности содержания общего азота и содержания небелкового азота, определяемых методом Кьельдаля.

В стандарте на методы формального титрования или колориметрический определяемый показатель «массовая доля белка», нет ясности, закономерно ли расценивать данный показатель как «массовая доля истинного белка».

Данные аспекты повышают вероятность поступления в оборот фальсифицированной продукции, а дорогой и трудоемкий метод Кьельдаля не позволяет осуществлять оперативный входной и производственный контроль.



Рисунок 5 – Нормативно-правовая база, регламентирующая определение белка в молоке.

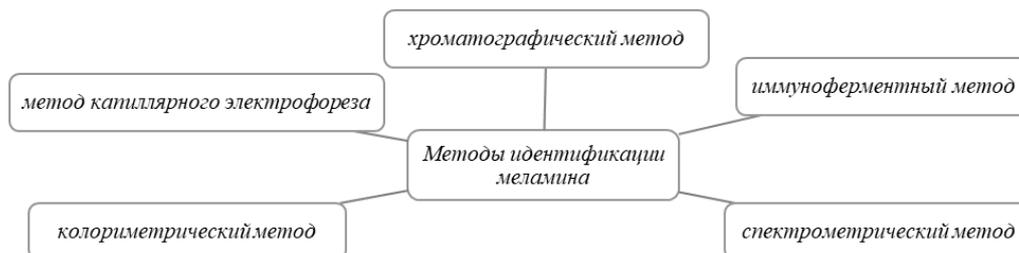


Рисунок 6 – Методы определения меламина в молоке.

В качестве быстрого определения основных физико-химических показателей молока-сырья, в том числе содержание белка, при его получении используют ультразвуковые анализаторы, такие как, например, «Лактан» и «Клевер», которые не позволяют определить наличие фальсификации путем добавления азотсодержащих компонентов, таких как меламина. Поэтому ультразвуковой метод не используется в лабораторной практике для идентификации меламина в молоке и продуктах его переработки.

В нашей стране утверждена методика определения меламина с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии в МУК 4.1.2420-08 «Определение меламина в молоке и молочных продуктах» и ГОСТ 34515 — 2019 «Молоко, молочная продукция, соевые продукты. Определение массовой доли меламина». Кроме того, в литературных источниках описаны различные модификации этого метода с помощью применения разных химических реактивов и способов пробоподготовки. Однако этот метод определения меламина в молоке и молочных продуктах в разных модификациях требует сложной пробоподготовки, использование дорогостоящих реактивов и вспомогательных материалов, таких как трихлоуксусная кислота, ацетонитрил и прочее. Поэтому отечественные и зарубежные ученые разрабатывают другие более простые в воспроизведение методы обнаружения меламина в молоке и молочных продуктах, такие как метод капиллярного зонного электрофореза, иммуноферментный метод, колориметрический метод с

использованием нано частиц золота и спектрометрические методы (рисунок 6) [4-9].

Исследование молока и молочной продукции с использованием инфракрасной спектрометрии регламентируется ГОСТ 32255-2013 «Молоко и молочная продукция. Инструментальный экспресс-метод определения физико-химических показателей идентификации с применением инфракрасного анализатора (с Изменениями N 1, 2)», но в нем не предусмотрена и не описана методика определения меламина, что затрудняет применение спектрометрических анализаторов для его определения на всех стадиях переработки молока. Кроме того, в этом стандарте отсутствует методика по пробоподготовке молока – сырья и продуктов его переработке для определения меламина и, следовательно, не указаны вспомогательные материалы и реактивы, необходимые проведения корректного анализа.

Анализаторы, работающие в ближней инфракрасной области необходимо сначала градуировать по определяемому показателю. Суть спектрометрии в ближнем инфракрасном диапазоне заключается в регистрации ИК – спектров, которые формируются линиями обертонов и комбинациями различных молекулярных колебаний, возникающих в среднем инфракрасном диапазоне. В дальнейшем с помощью различных математических уравнений происходит обработка зарегистрированных ИК – спектров.

Отечественные ученые проводили ряд опытов по применению ближней инфракрасной спектрометрии для обнаружения

меламина в молоке и отметили что возможность применения БИК анализаторов в системе производственного и лабораторного контроля ограничены в связи со слабой изученностью работ по созданию калибровочных графиков. Так, в работах А.И. Чигасова описан опыт создания калибровочных зависимостей для БИК-спектрометрии по показателям массовых долей жира, белка, лактозы и сухих веществ в сухих молочных продуктах. [10; 11].

Аналогичные исследования зарубежных ученых подчеркнули возможность применения спектрального анализа в ближнем инфракрасном спектре для идентификации меламина.

Зарубежными авторами описаны различные математические модели градуировки БИК-анализаторов [12; 13]. Однако в изученных работах отечественных и зарубежных авторов не описаны данные по градуировке БИК-анализаторов для количественной идентификации компонентов немолочного происхождения, таких как меламина.

Отдельным направлением в анализе пищевых продуктов выделяют спектроскопию в среднем инфракрасном диапазоне, которую используют для обнаружения химических веществ в лабораторном анализе.

Идентификацию органических соединений в средней инфракрасной области проводят при использовании Фурье-спектрометров инфракрасных. Суть анализа заключается в расшифровке строго специфических полос поглощения, характерных для определенных функциональных групп и соединений химических веществ, образующихся в разных областях спектрального диапазона. При этом полосы поглощения формируются основными молекулярными колебаниями.

Широкое применение ИК – Фурье-спектрометры, работающие в средней инфракрасной области, получили в лабораторном контроле при производстве полимерных и лакокрасочных материалов, лекарственных препаратов в фармацевтической, нефтеперерабатывающей и хими-

ческой промышленности. Кроме того, в лабораторной практике их используют не только для идентификации, но и для количественного анализа после проведения опытов по градуировке.

Зарубежными учеными описан эксперимент по выявлению меламина в сухом молоке с помощью ИК – спектрометрии в среднем диапазоне. Однако научных работ по опыту применения этого метода для идентификации компонентов небелкового происхождения в молоке – сырье с последующим созданием градуировочных зависимостей с целью применения в лабораторной практике практически отсутствуют [14].

Работы отечественных авторов по использованию анализаторов, регистрирующих спектры органических соединений в среднем ИК – диапазоне представлены в основном исследованиями спектров химических веществ, применяемых в производстве новых материалов. Так же в литературных источниках отсутствуют работы по идентификации меламина в молоке-сырье и продуктах его переработке, по созданию градуировочных зависимостей для дальнейшего количественного анализа.

Изучение и анализ применяемых методов ветеринарно-санитарной экспертизы молока и продуктов переработки молока, в частности проблемы обнаружения фальсификации продукции меламинам станет фундаментом для разработки новых современных методик оценки качества и безопасности молочной продукции.

#### **ВЫВОДЫ / CONCLUSION**

В результате анализа нормативных документов и научной литературы по вопросам идентификации меламина в молоке установили, что существующие утверждённые в нормативных документах методы трудоемки при воспроизведении, требуют специального оборудования, обучения персонала для работы на этом оборудовании, применение химических реактивов и вспомогательного оборудования, зачастую дорогостоящего. Современный метод идентификации ме-

ламина с применением инфракрасных анализаторов и создание градировочных зависимостей позволит проводить контроль безопасности в условиях производственных лабораторий и на всех этапах обращения продуктов переработки молока.

#### ON THE ISSUE OF METHODS FOR THE IDENTIFICATION OF MELAMINE IN MILK AND ITS PROCESSED PRODUCTS

**Drozd A.V.\*** – Candidate of Veterinary Sciences, Assistant of the Department of Physical Culture and Fundamentals of Military Training (ORCID 0000-0002-4575-7213); **Zhmurkina P.S.** – 1st year undergraduate student of the Faculty of Veterinary and Sanitary Expertise.

St. Petersburg State University of Veterinary Medicine

\*1a2v3d@mail.ru

**Financing:** *The work was carried out with the support of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation within the framework of the state task at the expense of the federal budget (Agreement No. 082-03-2024-253 dated 01/26/2024)*

#### ABSTRACT

The development and intensification of the dairy industry currently often leads to the appearance of counterfeit food products in circulation. Component adulteration of milk is widespread in relation to the most valuable protein component. To date, the problem is that the estimation of the amount of protein in milk and its processed products by arbitration methods is based on the determination of nitrogen and is currently imperfect, since when adulterated with nitrogen-containing substances such as melamine, urea gives false inflated values and does not allow for operational input and production control. We have analyzed the regulatory framework, scientific publications of domestic and foreign authors, review materials from open sources over the past 10 years on the issues of falsification of the protein com-

ponent of milk and its processed products, methods of identification of adulterating components. As a result of the analysis of regulatory documents and scientific literature, it was established that the existing methods approved in regulatory documents are laborious to reproduce, require special equipment, training of personnel to work on this equipment, the use of chemical reagents and auxiliary equipment, often expensive. The modern method of identifying melamine using infrared analyzers will allow to establish its quantitative values with great accuracy in the presence of appropriate calibration dependencies, in many ways accelerate and simplify the procedure for delivery and acceptance of raw milk while maintaining quality and safety indicators at a high level in accordance with regulatory documents.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Изучение показателей качества сыров, фальсифицированных компонентами немолочного происхождения / Д. А. Орлова, Т. В. Калюжная, А. С. Смолькина [и др.] // Международный вестник ветеринарии. – 2018. – № 2. – С. 82-86. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35174098>
2. Куликов, Н. В. К вопросу о проблеме фальсификации на рынке молока и молочных продуктов и методах ее идентификации / Н. В. Куликов, Ю. Ю. Забалуева // Товароведение, технология и экспертиза: инновационные решения и перспективы развития : Материалы III национальной научно-практической конференции, Москва, 02 июня 2022 года. – Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии - МВА имени К.И. Скрябина», 2022. – С. 178-185. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=xegwcy&ysclid=lw51kwq079922731222>
3. Maryam J .A Review Paper on Melamine in Milk and Dairy Products. Dairy and Vet Sci J. 2017; 1(4): 555566. DOI: 10.19080/JDVS.2017.01.555566. Режим доступа:

- <https://juniperpublishers.com/jdvs/pdf/JDVS.MS.ID.555566.pdf>
4. Касымакунова, А. М. Определение меламина в сухих молочных продуктах с помощью высоко эффективной жидкостной хроматографии / А. М. Касымакунова // Известия Национальной Академии наук Кыргызской Республики. – 2018. – № 5. – С. 178-184. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36964125&ysclid=lw51np8d9998956878>
5. Низов, Е. Р. Хроматографическое определение меламина в молоке и молочных продуктах с использованием глубоких эвтектических растворителей / Е. Р. Низов // Химия и химическая технология в XXI веке : Материалы XXIV Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени выдающихся химиков Л.П. Кулёва и Н.М. Кижнера, посвященной 85-летию со дня рождения профессора А.В. Кравцова, Томск, 15–19 мая 2023 года. Том 1. – Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2023. – С. 435-436. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/sciwh>
6. Богачук, М. Н. Определение меламина в молоке и молокосодержащих продуктах методом капиллярного зонного электрофореза / М. Н. Богачук, О. И. Передеряев, В. В. Бессонов // Вопросы питания. – 2010. – Т. 79, № 4. – С. 50-54. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=15606618&ysclid=lw63haxw9q981267072>
7. Определение меламина методом спектроскопии диффузного отражения по его влиянию на формирование наноконструкта золота и пенополиуретана / А. И. Исаченко, А. О. Мелехин, В. В. Аляри [и др.] // Журнал аналитической химии. – 2021. – Т. 76, № 3. – С. 227-233. – DOI 10.31857/S0044450221030063. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/xtaewl>
8. Chang K, Wang S, Zhang H, Guo Q, Hu X, et al. (2017) Colorimetric detection of melamine in milk by using gold nanoparticles-based LSPR via optical fibers. PLOS ONE 12(5): e0177131. Режим доступа: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0177131>
9. Non-destructive detection of melamine in milk powder by terahertz spectroscopy and correlation analysis algorithm / X. Sun, K. Zhu, J. Hu [et al.] // Journal of Applied Spectroscopy. – 2019. – Vol. 86, No. 4. – P. 608-613. Режим доступа: <https://www.sci-hub.ru/10.1007/s10812-019-00875-5?ysclid=lw63oultra856416852>
10. Чигасов, А. И. Изучение измерения м.д. меламина методом ИК-спектроскопии в молоке и молочных продуктах / А. И. Чигасов // Международная научно-практическая конференция молодых учёных и специалистов отделения сельскохозяйственных наук Российской академии наук. – 2016. – № 1. – С. 409-413. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28417910&ysclid=lw63v0kuxc561404943>
11. Чигасов, А. И. Особенности применения метода ик-спектроскопии для измерения микрокомпонентов, содержащихся в фальсифицированном молоке / А. И. Чигасов // Пищевые системы: теория, методология, практика: сборник научных трудов XI Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов отделения сельскохозяйственных наук Российской академии наук, Москва, 01 ноября 2017 года. – Москва: ВНИХИ - филиал "Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова" РАН, 2017. – С. 362. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=zsfrnl&ysclid=lw63vzbzii526075064>
12. X. Fu et al. Detection of melamine in milk powders based on NIR hyperspectral imaging and spectral similarity analyses / Journal of Food Engineering 124 (2014) 97–104. Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877413004937?via%3Dihub>
13. Henn R, Kirchler CG, Grossgut ME, Huck CW. Comparison of sensitivity to artificial spectral errors and multivariate LOD in NIR spectroscopy - Determining the performance of miniaturizations on melamine in milk powder. Talanta. 2017;1:166:109-118.

doi: 10.1016/j.talanta.2017.01.035. Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S003991401730139X?via%3Dihub>

14. Tong Wu, Hui Chen, Zan Lin, Chao Tan Identification and Quantitation of Melamine in Milk by Near-Infrared Spectroscopy and Chemometrics. *Journal of Spectroscopy*, vol. 2016. doi.org/10.1155/2016/6184987 Режим доступа: <https://www.hindawi.com/journals/jspec/2016/6184987/>

## REFERENCES

1. The study of quality indicators of cheeses adulterated with components of non-dairy origin / D. A. Orlova, T. V. Kalyuzhnaya, A. S. Smolkina [et al.] // *International Bulletin of Veterinary Medicine*. 2018;2: 82-86. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35174098> (In Russ.)

2. Kulikov, N. V. On the issue of the problem of falsification in the market of milk and dairy products and methods of its identification / N. V. Kulikov, Yu. Yu. Zabalueva // *Commodity science, technology and expertise: innovative solutions and development prospects: Proceedings of the III National Scientific and Practical Conference, Moscow, June 02, 2022.* – Moscow: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology - MBA named after K.I. Scriabin", 2022: 178-185. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=xegwcy&ysclid=1w51kwq079922731222> (In Russ.)

3. Maryam J.A review article about melamine in milk and dairy products. *Dairy and Veterinary Science J.* 2017;1(4):555566. DOI: 10.19080/JDVS.2017.01.555566. URL: <https://juniperpublishers.com/jdvs/pdf/JDVS.MS.ID.555566.pdf>

4. Kasymakunova, A.M. Determination of melamine in dry dairy products using highly efficient liquid chromatography / A.M. Kasymakunova // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic*. 2018: 5:178-184. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36964125&ysclid=1w51np8d9998956878>

(In Russ.)

5. Nizov, E. R. Chromatographic determination of melamine in milk and dairy products using deep eutectic solvents / E. R. Nizov // *Chemistry and chemical technology in the XXI century: Materials of the XXIV scientific and practical International Conference of students and young scientists named after outstanding chemists L.P. Kulev and N.M. Kizhner, dedicated to 85-the anniversary of the birth of Professor A.V. Kravtsov, Tomsk, May 15-19, 2023. Volume 1.* – Tomsk: National Research Tomsk Polytechnic University, 2023: 435-436. URL: <https://www.elibrary.ru/sciwh> (In Russ.)

6. Bogachuk, M. N. Determination of melamine in milk and milk-containing products by capillary zone electrophoresis / M. N. Bogachuk, O. I. Perederyaev, V. V. Besonov // *Questions of nutrition*. 2010: 79: 4: 50-54. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=15606618&ysclid=1w63haxw9q981267072> (In Russ.)

7. Determination of melamine by diffuse reflection spectroscopy according to its effect on the formation of gold and polyurethane foam nanocomposite / A. I. Isachenko, A. O. Melekhin, V. V. Apyari [et al.] // *Journal of Analytical Chemistry*. 2021;76:3: 227-233. DOI 10.31857/S0044450221030063. URL: <https://www.elibrary.ru/xtawl> (In Russ.)

8. Chang K., Wang S., Zhang H., Guo K., Hu X et al. Colorimetric determination of melamine in milk using LSPR based on gold nanoparticles by optical fibers. *PLOS ONE*. 2017;12(5):e0177131. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0177131>. URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0177131>

9. Non-destructive detection of melamine in milk powder using terahertz spectroscopy and correlation analysis algorithm / H. Song, K. Zhu, J. Hu [et al.] // *Journal of Applied Spectroscopy*. 2019: 86: 4: 608-613. URL: <https://www.sci-hub.ru/10.1007/s10812-019-00875-5?ysclid=1w63ou1tra856416852>

10. Chigasov, A. I. Studying the measurement of M.D. melamine by IR spectroscopy in milk and dairy products / A. I. Chigasov //

International scientific and practical conference of young scientists and specialists of the Department of Agricultural Sciences of the Russian Academy of Sciences. 2016:1:409-413. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28417910&ysclid=lw63v0kuxc561404943> (In Russ.)

11. Chigasov, A. I. Features of the application of the IR spectroscopy method for measuring microcomponents contained in adulterated milk / A. I. Chigasov // Food systems: theory, methodology, practice: collection of scientific papers of the XI International Scientific and practical Conference of Young scientists and specialists of the Department of Agricultural Sciences of the Russian Academy of Sciences, Moscow, November 01, 2017 of the year. – Moscow: VNIHI - branch of the "V.M. Gorbатов Federal Scientific Center for Food Systems" of the Russian Academy of Sciences, 2017:362. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=zsfmnl&ysclid=lw63vzbzii526075064> (In Russ.)

12. X. Fu et al. Detection of melamine in

milk powder based on hyperspectral IR imaging and spectral similarity analysis / Journal of Food Engineering 124. 2014:97-104. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877413004937?via%3Dihub>

13. Henn R., Kirchler K.G., Grossgut M.E., Hook K.U. Comparison of sensitivity to artificial spectral errors and multidimensional LOD in BIC spectroscopy - determination of the effectiveness of melamine miniaturization in milk powder. Talanta. 2017: 1:166:109-118. doi: 10.1016/j.talanta.2017.01.035. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S003991401730139X?via%3Dihub>

14. Wu, Tong and Chen, Hui and Lin, Zan and Tan, Chao. (2016). Identification and quantitative analysis of melamine in milk using near-infrared spectroscopy and chemometry. Journal of Spectroscopy. 2016:1-8. doi: 10.1155/2016/6184987. URL: <https://www.hindawi.com/journals/jspec/2016/6184987/>