

УДК 637.068

**О.В. Лепилкина**

ВНИИМС – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, г. Углич

**МЕТОДЫ ВЫЯВЛЕНИЯ ФАЛЬСИФИКАЦИИ БЕЛКОВОГО СОСТАВА МОЛОКА И МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ**

*Представлены современные методы – высокоэффективная жидкостная хроматография, капиллярный электрофорез, масс-спектрометрия, ИК-спектроскопия, используемые для выявления фальсификации белкового состава молока и молочных продуктов. Описаны маркерные объекты, позволяющие обнаружить присутствие незаявленного сухого молока и подсырной сыворотки. Рассмотрен прием, используемый для имитации высокого содержания белка путем добавления меламина, и методы его обнаружения. Отмечены основные преимущества метода ИК-спектроскопии перед хроматографическими и электрофоретическими методами: экспрессность, отсутствие необходимости в химических реактивах, простота подготовки проб и проведения измерений.*

**Ключевые слова:** *молоко, белок, фальсификация, высокоэффективная жидкостная хроматография, капиллярный электрофорез, масс-спектрометрия, ИК-спектроскопия, маркерные вещества*

Проблема фальсификации состава молока и молочных продуктов не перестает быть актуальной на протяжении многих лет [1, 2, 3]. Целью любой фальсификации является получение незаконной прибыли за счет снижения себестоимости продукции путем замены натуральных биологически ценных компонентов менее ценными и более дешевыми. Наряду с самым распространенным способом фальсификации – использованием немолочных жиров возможна замена молочного белка растительным белком. Такая фальсификация случается редко и потому «не на слуху». Гораздо чаще возникают вопросы, связанные с добавлением в молоко сухого молока. Этот прием используется как для повышения содержания белка, так и для увеличения количества молока, если часть натурального молока заменяется восстановленным. Это тоже считается фальсификацией состава, если добавленный компонент (сухое молоко) не обозначен в составе продукта при его маркировке [4]. С другой стороны, сухое молоко как молочный продукт тоже может быть фальсифицировано растительными белками или сухой сывороткой.

Следует отметить и так называемую межвидовую фальсификацию, когда более дорогое молочное сырье (козье, овечье, буйволиное, ослиное, кобылье) подменяется полностью или частично более дешевым коровьим молоком. Исследования, связанные с разработкой методов выявления видовой фальсификации молока проводились [5, 6, 7, 8] и проводятся [9, 10, 11] в разных странах, что свидетельствует о международном уровне этой проблемы и ее неисчезающей актуальности.

Поскольку эти виды фальсификации вызывают изменения, в первую очередь, в белковом составе молока, для их выявления используются различные методы протеомного анализа, которые в последние годы стали особенно популярны в связи

с развитием протеомики [12]. Среди них приоритетная роль отводится методам, основанным на разделении и идентификации белков. Для разделения чаще всего используются электрофоретические и хроматографические методы в различных вариациях, а для идентификации – спектроскопические методы и вестерн-блоттинг [13].

Мощным аналитическим методом является широко применяемая в настоящее время высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ). С помощью этого метода сложные смеси разделяются на отдельные компоненты с использованием неподвижной и подвижной фаз, что позволяет проводить обнаружение, идентификацию и количественную оценку добавленных в продукт фальсифицирующих примесей. Этот метод обеспечивает высокое разрешение, чувствительность и возможность анализа широкого спектра соединений. Он позволяет анализировать сложные матрицы и обнаруживать следовые уровни веществ. Однако ВЭЖХ требует тщательной подготовки образцов, длительного времени анализа и дорогостоящего оборудования [14].

Наряду с ВЭЖХ широкое применение для определения различных соединений в сложных биологических средах имеет капиллярный электрофорез. Он получил свое развитие в 80-х годах прошлого века и до настоящего времени остается в зоне научного и практического интереса ученых пищевых специализаций [7, 15–18].

В основе электрофоретического метода разделения белков лежат электрокинетические явления – миграция белковых молекул в электрическом поле, зависящая от суммарного заряда молекул, от их молекулярных масс и конфигурации.

Метод капиллярного электрофореза нашел практическое применение в отдельных областях пищевой промышленности для определения различных компонентов состава продуктов, в том числе относящихся к фальсифицирующим добавкам. Так, на территории Таможенного Союза в настоящее время действует ГОСТ 33528-2015<sup>12</sup>, регламентирующий качественный метод идентификации белков молочного и немолочного происхождения в молоке (сыром и питьевом пастеризованном), твороге и сметане. Метод предусматривает разделение белков с помощью капиллярного электрофореза в полиакриламидном геле и визуальную индикацию наличия посторонних белковых полос, отсутствующих в контрольной пробе.

Очевидно, что современный подход к идентификации белков должен базироваться на более точных, чем визуальный, методах. С момента введения в действие ГОСТ 33528-2015 капиллярный электрофорез претерпел значительную эволюцию: расширились его аналитические возможности, в том числе за счет сочетания системы капиллярного электрофореза с масс-спектрометрическим детектированием анализируемых веществ [19].

Масс-спектрометрия признана основным методом анализа белков в ряду спектроскопических методов. Являясь высокоточным аналитическим методом, она активно применяется в мировой практике контроля качества молока и молочных продуктов, в том числе при выявлении добавок сухого молока в натуральном коровьем молоке, а также примеси коровьего молока в молоке других животных [20, 21].

---

<sup>12</sup> ГОСТ 33528-2015 Молоко и молочные продукты. Идентификация белкового состава электрофоретическим методом в полиакриламидном геле. М.: Стандартинформ. 2016. 21 с.

Благодаря отсутствию необходимости предварительной обработки проб молока, скорости анализа и неразрушающему формату контроля у метода масс-спектрометрии существует реальная перспектива для использования в качестве рутинного метода для выявления различных фальсификаций молока, поступающего на молокоперерабатывающие предприятия. Предпосылки к этому уже заложены. Так, в последние годы в молочной промышленности увеличилась практика применения метода спектроскопии в ближнем и среднем инфракрасном (ИК) диапазоне, который применяется для экспресс-контроля состава как принимаемого для переработки молока, так и изготавливаемых из него промежуточных и конечных продуктов [14, 22].

Метод ИК-спектроскопии реализуется с помощью приборов - инфракрасных анализаторов молока. Он основан на измерении длины волны и интенсивности поглощения (или пропускания, или отражения) инфракрасного света веществом. Проще говоря, каждая функциональная группа молекулы имеет уникальную частоту колебаний, которая может быть использована для определения того, какие функциональные группы присутствуют в конкретном объекте [22]. Анализ полученных спектров проводится с использованием заранее установленных градуировочных зависимостей между количеством определяемого вещества и параметрами относящейся к нему области спектра. То есть на каждый измеряемый компонент состава, а также на каждую возможную фальсифицирующую примесь должна быть своя градуировка, включенная в программу прибора. Набор градуировок составляется изготовителем прибора с учетом желаний предприятия, планирующего его использовать в своей работе.

Метод инфракрасной спектрометрии в настоящее время выступает убедительной альтернативой методам капиллярного электрофореза и высокоэффективной жидкостной хроматографии. Однако он не может существовать без связи с другими методами, обеспечивающими прямое измерение показателей, по которым строятся градуировочные зависимости, необходимые для работы ИК-анализаторов. К недостаткам этого метода можно отнести также зависимость от качества подготовки образцов, условий окружающей среды и калибровки прибора, влияющих на вариабельность получаемых результатов. Кроме того, он может быть нечувствительным по отношению к отдельным типам фальсификатов, которые не демонстрируют отчетливых спектральных сигнатур [14]. Но несмотря на эти ограничения метод ИК-спектроскопии при использовании в сочетании с другими аналитическими методами и строгими мерами контроля качества остается ценным активом в борьбе с фальсификацией пищевых, в том числе молочных, продуктов.

Использование вышеописанных методов выявления фальсификации молока и молочных продуктов предполагает наличие в исследуемом объекте специфических маркерных веществ – индивидуальных или интегральных, находящихся в определенных соотношениях и отражающих особенности технологий их изготовления.

Так, например, практически все методы обнаружения присутствия незаявленного сухого молока в молоке и молочных продуктах основаны на выявлении последствий теплового воздействия на белки молока [23]. Наибольшим изменениям во время нагревания подвергаются сывороточные белки. Высокая температура вы-

зывает их денатурацию и, как следствие, потерю растворимости. Кроме того, под действием высокой температуры могут возникать такие модификации белков, как гликирование, лактозилирование, окисление, дезамидирование, дегидратация. Модифицированные в результате этих реакций белки и пептиды, в том числе продукты реакции Майяра, используются в качестве маркеров наличия сухого молока в продукте [14, 24, 25].

Отдельные сывороточные белки по-разному воспринимают воздействие высокой температуры из-за различий в структуре, размере молекул и прочности межмолекулярных связей. Наименее устойчивыми к тепловому воздействию являются иммуноглобулины и бычий сывороточный альбумин, наиболее устойчивым –  $\alpha$ -лактальбумин. По сравнению с  $\alpha$ -лактальбумином  $\beta$ -лактоглобулин денатурирует в большей степени [26]. Вследствие этого в термообработанном молоке нарушается соотношение между  $\beta$ -лактоглобулином и  $\alpha$ -лактальбумином, что является главным признаком присутствия сухого молока в натуральном сыром молоке.

Кроме сухого молока в качестве фальсифицирующей добавки может использоваться подсырная сыворотка (как в жидком виде, так и сухая). Присутствие этого компонента можно обнаружить идентификацией гликомакропептида. В данном случае гликомакропептид является специфическим маркером, т.к. он отсутствует в молоке, но присутствует в сыворотке, образующейся при производстве сыра. Это является результатом свертывания молока сычужным ферментом под действием химозина, когда молочный белок ( $\kappa$ -казеин) распадается на два пептида. Более крупный пептид, называемый пара- $\kappa$ -казеином (остатки 1–105), остается в структуре образующегося геля, а меньший – гликомакропептид (остатки 106–169) – переходит в сыворотку. Он представляет собой гликозилированный растворимый пептид с молекулярной массой 6,8 кДа без гликозидной части. Гликомакропептид является специфическим компонентом подсырной сыворотки и должен отсутствовать в нефальсифицированном молоке. Положительные результаты при идентификации гликомакропептида дает высокоэффективная жидкостная хроматография в сочетании с вестерн-блоттингом. С его помощью можно обнаружить в молоке 0,001 % гликомакропептида, 0,5 % жидкой и 0,001 % сухой подсырной сыворотки [27].

Следует отметить, что гликомакропептид, выделяемый из подсырной сыворотки, обладает высокими питательными свойствами и относится к функциональным ингредиентам. Некоторые компании по производству молочных продуктов уже коммерциализируют производство гликомакропептида, чтобы воспользоваться его потенциалом в качестве пищевой добавки [28].

Добавление в молоко и молочные продукты сухого молока или сыворотки не опасно для потребителя, что ни в коей мере не оправдывает недобросовестных производителей, умышленно утаивающих информацию об истинном составе продукта. Реальная опасность для здоровья возникает, когда в молоко с целью имитации высокого содержания белка добавляется меламина [29, 30]. Такая фальсификация стала возможна из-за неизбирательности метода Кьельдаля к природе азотсодержащих соединений, присутствующих в молоке.

Меламин (1,3,5-триазин-2,4,6-триамин) представляет собой химическое соединение, используемое при производстве формальдегидных смол, лакокрасочных

материалов, текстиля, бумаги, противопожарных материалов, бетонов, слоистых пластиков, древесных плит. Он запрещен для использования в качестве ингредиента или добавки в пищевых продуктах, но до настоящего времени существует опасность применения этого вещества в составе молока и молочных продуктов для имитации высокого содержания белка. Небольшая формула меламина содержит в своей структуре 6 атомов азота. Поэтому даже незначительная примесь этого химического соединения существенно повышает результат определения белка методом Кьельдаля.

Первые новости, вызвавшие скандал в мировом сообществе производителей пищевой продукции, появились в 2008 г. [30], когда обнаружилось, что ряд китайских производителей сухого молока добавляли в свою продукцию меламин с целью повышения измеряемой концентрации белка. Это молоко затем использовалось при производстве различных пищевых продуктов, в том числе для детского питания, и стало причиной образования камней в почках у более чем 50 тыс. грудных детей, 6 из которых умерли. После этого контроль за потенциальным присутствием меламина в продуктах питания стал международной проблемой.

В наших технических регламентах 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» и 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции» предусмотрен контроль за содержанием меламина в случае обоснованного предположения о его возможном наличии. В соответствии с требованиями указанных технических регламентов присутствие меламина в пищевых, в том числе молочных, продуктах не допускается (менее 1,0 мг/кг). Норма, указанная в скобках, при пересчете в проценты соответствует значению «менее 10–10 %».

Для выявления присутствия меламина в молоке и молочных продуктах можно использовать методы капиллярного зонного электрофореза [16] и высокоэффективной жидкостной хроматографии [31]. Определение массовой доли меламина методом высокоэффективной жидкостной хроматографии стандартизовано<sup>15</sup>. Метод требует пробоподготовки, включающей экстракцию меламина 5 %-ной смесью раствора трихлоруксусной кислоты с ацетонитрилом с помощью ультразвука, очистку и концентрирование полученного экстракта методом твердофазной экстракции. Детектирование меламина на хроматограммах предусмотрено с помощью спектрофотометрического или диодно-матричного детектора.

Как уже отмечалось, эти методы весьма трудоемки, поэтому в последние годы производственные лаборатории на молокоперерабатывающих предприятиях стали чаще обращаться к методу ИК-спектроскопии. При наличии соответствующей градуировочной зависимости этот метод позволяет быстро и с большой точностью не только выявлять присутствие меламина в продукте, но и определять его количество [32–35].

В настоящее время многие лаборатории предприятий оснащены ИК-спектрометрами – анализаторами молока и молочных продуктов, позволяющими за короткое время сделать не только полный анализ состава, но и выявить фальсифицирующие примеси, в том числе меламин, при наличии необходимых для этого градуировочных зависимостей.

<sup>15</sup> ГОСТ 34515-2019 Молоко, молочные продукты, соевые продукты. Определение массовой доли меламина. М.: Российский институт стандартизации. 2021. 10 с.

Еще более практичным может быть использование портативных спектроскопических устройств, которые будут незаменимы для быстрого скрининга молока и молочных продуктов не только на молокоперерабатывающих предприятиях, но и на фермах и даже в полевых условиях. На наш взгляд, создание более надежных и портативных приборов этого назначения следует рассматривать как актуальное направление в работе приборостроительных компаний.

Борьба с фальсификацией молока и молочных продуктов требует многогранного подхода, включающего строгое исполнение требований Технических регламентов о безопасности вырабатываемой продукции и повышение осведомленности потребителей. В решении этих задач ключевую роль играет контроль производства и готовой продукции, который невозможен без точных и эффективных методов, с помощью которых можно защитить себя от неблагоприятных последствий фальсифицированной молочной продукции.

#### Список использованной литературы:

1. **Пономарев, А.Н.** Фальсификация молока и молочных продуктов / А.Н. Пономарев, Е.И. Мельникова // Молочная промышленность. 2018. № 2. С. 44–45. <https://elibrary.ru/ypauvs>
2. **Комин, А.О.** К вопросу фальсификации молока и молочных продуктов / А.О. Комин, И.Н. Ким, И.И. Бородин // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2020. № 4. С. 62–66. <https://doi.org/10.24411/2311-6447-2020-10083>
3. **Ким, И.Н.** О фальсификации молока и молочных продуктов / И.Н. Ким, А.А. Одинцова // Экологическая экспертиза. 2020. № 4. С. 16–41. <https://doi.org/10.36535/0869-1010-2020-04-2>
4. **Топникова, Е.В.** Проблемы фальсификации молочных продуктов сухим молоком и методы его выявления / Е.В. Топникова, О.Г. Кашникова, Д.С. Мягконосов // Актуальные вопросы производства сыра, масла и другой молочной продукции: Сборник материалов межд. науч.-практ. конф. Углич: ВНИИМС, 2022. С. 209–215. <https://elibrary.ru/mwvmfw>
5. **Pesic, M.** Qualitative and quantitative analysis of bovine milk adulteration in caprine and ovine milks using native-PAGE / M. Pesic, M. Barac, M. Vrvic, N. Ristic, O. Macej, S. Stanojevic // Food Chemistry. 2011. Vol. 125. № 4. P. 1443–1449. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.10.045>
6. **Pesic, M.B.** Heat induced casein–whey protein interactions at natural pH of milk: A comparison between caprine and bovine milk / M.B. Pesic, M.B. Barac, S.P. Stanojevic, N.M. Ristic, O.D. Macej, M.M. Vrvic // Small Ruminant Research. 2012. Vol. 108. № 1–3. P. 77–86. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2012.06.013>
7. **Cartoni, G.** Determination of cows' milk in goats' milk and cheese by capillary electrophoresis of the whey protein fractions / G. Cartoni, F. Coccioni, R. Jasionowska, M. Masci // Journal of Chromatography. 1999. Vol. 846. № 1-2. P. 135–141. [https://doi.org/10.1016/s0021-9673\(98\)01032-2](https://doi.org/10.1016/s0021-9673(98)01032-2)
8. **Molina, E.** Western Blotting of Native and Denatured Bovine  $\beta$ -Lactoglobulin to Detect Addition of Bovine Milk in Cheese / E. Molina, A. Fernández-Fournier, M. De Frutos, M. Ramos // Journal of Dairy Science. 1996. Vol. 79. № 2. P. 191–197. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(96\)76350-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(96)76350-6)
9. **Mafra, I.** Animal Species Authentication in Dairy Products / I. Mafra, M. Honrado, J. S. Amaral // Foods. 2022, Vol. 11. № 8, 1124. . <https://doi.org/10.3390/foods11081124>
10. **Dişhan, A.** Comparative Analysis of Cow and Water Buffalo Milk Casein Fractions by Western Blotting / A. Dişhan, Z. Gönülalan, Y. Alparslan // Firat Universitesi Saglik Bilimleri Veteriner Dergisi. 2019. Vol. 33. № 2. P. 77–82. [http://veteriner.fusabil.org/pdf/pdf\\_FUSABIL\\_1351.pdf](http://veteriner.fusabil.org/pdf/pdf_FUSABIL_1351.pdf)
11. **Курченко, В.В.** Идентификация кобыльего молока и его смеси с коровьим молоком методом ВЭЖХ-анализа / В.В. Курченко, Е.С. Симоненко, Н.В. Сушинская, Т.Н. Головач, А.Н. Петров, С.В. Симоненко // Техника и технология пищевых производств. 2021. Т. 51. № 2. С. 402–412. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-2-402-412>
12. **Qin, C.** Advancement of omics techniques for chemical profile analysis and authentication of milk / C. Qin, L. Liu, Y. Wang, T. Leng, M. Zhu, B. Gan, J. Xie, Q. Yu, Y. Chen // Trends in Food Science & Technology. 2022. Vol. 127. P. 114–128. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.06.001>

13. **Лепилкина, О.В.** Протеомные методы разделения и идентификации белков молока / О.В. Лепилкина, А.И. Григорьева // Пищевые системы. 2024. Том 7 № 4. С. 560–567. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2024-7-4-560-567>
14. **Vlasiou, M.** Cheese and Milk Adulteration: Detection with Spectroscopic Techniques and HPLC: Advantages and Disadvantages / M. Vlasiou // Dairy. 2023. Vol. 4. № 3. P. 509–514. <https://doi.org/10.3390/dairy4030034>
15. **Chen, F.-T.A.** Determination of Milk Proteins by Capillary Electrophoresis / F.-T A. Chen, J.-H. Zang // Journal of AOAC International. 1992. Vol. 75. № 5. P. 905–909. <https://doi.org/10.1093/jaoac/75.5.905>
16. **Богарчук, М.Н.** Определение меламина в молоке и молочосодержащих продуктах методом капиллярного зонного электрофореза / М. Н. Богарчук, О.И. Передеряев, В.В. Бессонов // Вопросы питания. 2010. Т.79. № 4. С. 50–54. <https://www.elibrary.ru/ndnndj>
17. **Шелехова, Н.В.** Капиллярный электрофорез – высокоэффективный аналитический метод исследования состава сложных биологических сред / Н.В. Шелехова, В.А. Поляков, Л.В. Римарева // Пиво и напитки. 2017. № 2. С. 34–38. <https://www.elibrary.ru/yymfmd>
18. **Зипаев, Д.В.** Использование метода капиллярного электрофореза в оценке пищевых продуктов и напитков / Д.В. Зипаев, А.А. Тулина, А.Н. Кожухов // Вестник воронежского государственного университета инженерных технологий. 2020. Т. 82. № 1(83). С. 82–87. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2020-1-82-87>
19. **Карцова, Л.А.** Современное состояние метода капиллярного электрофореза / Л.А. Карцова, Д.В. Макеева, Е.А. Бессонова // Журнал аналитической химии. 2020. Том 75. № 12. С. 1059–1079. <https://doi.org/10.31857/S0044450220120087>
20. **Calvano, C.D.** Proteomic approach based on MALDI-TOF MS to detect powdered milk in fresh cow's milk / C.D. Calvano, A. Monopoli, P. Loizzo, M. Faccia, C. Zambonin // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2013. Vol. 61. № 8. P. 1609–1617. <https://doi:10.1021/jf302999s>
21. **Cozzolino, R.** Identification of adulteration in milk by matrix-assisted laser desorption/ionization time-of-flight mass spectrometry / R. Cozzolino, S. Passalacqua, S. Salemi, P. Malvagna, E. Spina, D. Garozzo // Journal of Mass Spectrometry. 2001. № 36(9). P. 1031–1037. <https://doi.org/10.1002/jms.206>
22. **Ceniti, C.** Recent Advances in the Determination of Milk Adulterants and Contaminants by Mid-Infrared Spectroscopy / C. Ceniti, A.A. Spina, C. Piras, F. Oppedisano, B. Tilocca, P. Roncada, D. Britti, V.M. Morittu // Foods. 2023. №12(15). Article 2917. <https://doi.org/10.3390/foods12152917>
23. **Топникова, Е.В.** Определение сухого молока в питьевом / Е.В. Топникова // Молочная промышленность. 2018. № 10. С. 58–59. <https://elibrary.ru/yamkyy>
24. **Abd El-Salam, M.H.** Glycation of whey proteins: Technological and nutritional implications / M.H. Abd El-Salam, S. El-Shibiny // International Journal of Biological Macromolecules. 2018. № 112. P. 83–92. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.01.114>
25. **Kong, Y.** The effect of lactose and its isomerization product lactulose on functional and structural properties of glycated casein / Y. Kong, Q. Dong, Z. Yu, H. Yan, L. Liu, Y. Shen // Food Research International. 2023. Vol. 168. Article 112683. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.112683>
26. **Anema, S.G.** The whey proteins in milk: Thermal denaturation, physical interactions, and effects on the functional properties of milk / S.G. Anema // Chapter in a book «Milk Proteins: From Expression to Food». – San Diego: Academic Press, 2020. P. 325–384. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815251-5.00009-8>
27. **Chávez, N.A.** Detection of bovine milk adulterated with cheese whey by western blot immunoassay / N.A. Chávez, E. Salinas, J. Jauregui, L.A. Palomares, K. Macías // Food and Agricultural Immunology. – 2008. – Vol. 19. – № 4. – P. 265–272. <https://dx.doi.org/10.1080/09540100802381042>
28. **Vera-Bravo, R.** Cheese Whey Milk Adulteration Determination Using Casein Glycomacropptide as an Indicator by HPLC / R. Vera-Bravo, A. Hernández, S. Peña, C. Alarcón, A. Loaiza, C. Celis // Foods. – 2022. – № 11. – P. 3201. <https://dx.doi.org/10.3390/foods11203201>
29. **Калюжная, Т.В.** Влияние меламина и мочевины на показатели качества молока / Т.В. Калюжная, А.В. Дрозд, Д.С. Алмакаева, П.С. Жмуркина // Международный вестник ветеринарии. 2024. № 4. С. 205–210. <https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2024.4.205>
30. **Chan, E.Y.Y.** Public-health risks of melamine in milk products / E.Y.Y. Chan, S.M. Griffiths, C.W. Chan // The Lancet. 2008. № 372(9648). P. 1444–1445. [http://dx.doi.org/10.1016/s0140-6736\(08\)61604-9](http://dx.doi.org/10.1016/s0140-6736(08)61604-9)

31. **Касымакунова, А.М.** Определение меламина в сухих молочных продуктах с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии / А.М. Касымакунова // Известия национальной академии наук Кыргызской республики. 2018. № 5. С. 178–184. <https://www.elibrary.ru/vufspu>

32. **Дрозд, А.В.** К вопросу о методах идентификации меламина в молоке и продуктах его переработки // А.В. Дрозд, П.С. Жмуркина // Международный вестник ветеринарии. 2024. № 2. С. 180–189. <https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2024.2.180>

33. **Калюжная, Т.В.** Применение метода инфракрасной спектроскопии в среднем диапазоне для определения меламина в молоке / Т.В. Калюжная // Международный вестник ветеринарии. 2024. № 3. С. 188–193. <https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2024.3.188>

34. **Калюжная, Т.В.** Изучение спектральных характеристик меламина для оценки безопасности молока и продуктов его переработки при лабораторном контроле / Т.В. Калюжная, А.В. Дрозд // Международный вестник ветеринарии. 2024. № 2. С. 166–171. <https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2024.2.166>

35. **Калюжная, Т.В.** Моделирование градуировочной зависимости для оценки содержания меламина в молоке с помощью ИК-фурье-спектрометра / Т.В. Калюжная // Международный вестник ветеринарии. 2024. № 4. С. 219–224. <https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2024.4.219>