

# Проблема фальсификации молочных продуктов: анализ состояния и пути решения

**Алексей Владимирович Хан**, инженер  
E-mail: a\_khan@vniimi.org  
**Екатерина Германовна Лазарева**, младший научный сотрудник  
**Олег Юрьевич Фоменко**, канд. биол. наук, старший научный сотрудник  
Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности

Обсуждается проблема качества молочной продукции, представленной на российском рынке. Подчеркивается стратегическая важность выявления случаев фальсификации. Рассматриваются существующие методы ее обнаружения, описаны их преимущества и недостатки. Показано, что для обеспечения стандартов безопасности и качества молочных продуктов необходимо регулярно контролировать сырье и готовую продукцию, внедрить систему сертификации молочной продукции и периодически повышать квалификацию сотрудников производства. Такие меры помогут предотвратить манипуляции с молочными продуктами, которые могут негативно сказаться на здоровье потребителей. Для достижения поставленной цели целесообразно расширение области оценочных критериев рядом методов, включая электрофорез, хроматографию, иммуноферментный анализ, масс-спектрометрию, молекулярно-генетические и др. Приводятся рекомендации по наиболее подходящим методам определения различных источников незаконной подмены молока, включая замену ценных видов молока коровьим.

**Ключевые слова:** фальсификация, полимеразная цепная реакция, молоко, ДНК, безопасность.

**Khan A. V., Lazareva E. G., Fomenko O. Yu. The problem of dairy products adulteration: analysis of the state and ways of resolution**

**All-Russian Dairy Research Institute**

The article discusses the problem of the quality of dairy products on the Russian market. The strategic importance of identifying cases of falsification is emphasized. Existing methods for its detection are considered, their advantages and disadvantages are described. It is shown that in order to ensure the safety and quality standards of dairy products, it is necessary to regularly monitor raw materials and finished products, introduce a certification system for dairy group products and periodically improve the skills of production employees. Such measures will help prevent the manipulation of dairy products which can adversely affect the health of consumers. To achieve this goal, it is advisable to expand the area of evaluation criteria by a number of methods, including electrophoresis, chromatography, enzyme immunoassay, mass spectrometry, molecular genetics, etc. The article provides recommendations on the most appropriate methods for determining various sources of illegal milk substitution, including the replacement of valuable types of milk cheaper cow. The problem of falsification of dairy products remains relevant, especially in developing and underdeveloped countries. Solving this problem requires the joint efforts of scientific and regulatory bodies.

**Key words:** adulteration, polymerase chain reaction, milk, DNA, safety.

**В**недрение инновационных технологий обеспечения безопасности продуктов — важная задача правительства и научного сообщества [1]. Молоко и молочные продукты являются сложной поликомпонентной системой, ключевые показатели которой зависят от множества факторов: здоровье скота, соблюдение требований транспортировки, хранения и т. д. [2]. В свете значимости молочных продуктов в ежедневном рационе россиян их добросовестное производство является стратегически важной задачей для производителей. Тем не менее некоторые из них нарушают нормативы производства для снижения себестоимости продукции при помощи различных манипуляций, например, путем добавления чужеродных компонентов, разбавления водой, внесения молочного жира низкого качества и (или) растительных масел (так называемая качественная фальсификация), а также применения искусственных красителей, ароматизаторов и консервантов, которые могут улучшить внешний вид и вкус продукта, но негативно сказаться на здоровье потребителей [3, 4].

Цель статьи — изучить методы исследований и их эффективность при выявлении фальсификации молочных продуктов.

Для обеспечения безопасности продуктов питания необходимо комплексное взаимодействие государственного аппарата, частного бизнеса и населения, направленное на решение следующих задач:

- контроль входного сырья и готовой продукции на посто-

янной основе, проведение анализов на наличие вредных веществ и микроорганизмов, а также соответствие установленным нормам и требованиям;

- внедрение системы сертификации;
- периодическое повышение квалификации персонала производств с целью актуализации и совершенствования ранее полученных знаний, навыков и умений, в том числе в области мониторинга сельскохозяйственной продукции, а также осведомленности о современных производственных технологиях;
- разработка и использование новых технологий, позволяющих повышать качество и безопасность молочных продуктов, а также способствующих предотвращению их фальсификации;
- развитие и внедрение электронных систем мониторинга и контроля основных характеристик молочных продуктов, позволяющих своевременно выявлять нарушения и проблемы в производстве и распространении продукции;
- проведение просветительской работы с населением в сфере правил потребления продукции животноводства, а также информирование граждан о рисках, связанных с употреблением некачественной или фальсифицированной продукции.

Молочные продукты в России контролируются соответствующими организациями [6]. Согласно нормам, принятым в ТР ТС 033/2013, необходимо соблюдать единые принципы и правила, регулирующие качество молока, включая производство, хранение, транспортировку,

## Методы детекции фальсифицированных молочных продуктов

Метод	Преимущества	Недостатки
Электрофоретические методы	Простота и скорость	Низкая воспроизводимость, трудоемкость
Иммунологические методы	Качественный и количественный анализ	Длительная инкубация, промывка, зависимость от специфических антител
Масс-спектрометрия	Универсальность	Дорогостоящие контрольно-измерительные приборы, высокая квалификация персонала
Хроматография	Чувствительность и специфичность	Трудности анализа обработанных продуктов, обширная пробоподготовка, использование только в лабораторных условиях
Спектроскопия	Минимальная пробоподготовка, экспрессность, небольшой объем пробы для анализа	Дорогостоящее контрольно-измерительное оборудование и сложная интерпретация данных
Термические анализы	Экспрессность	Интерференция компонентов исследуемой смеси
Биосенсоры	Быстрая детекция	Стоимость оборудования
ПЦР и другие молекулярно-генетические методы	Высокая чувствительность и специфичность	Возможность ингибирования, дорогостоящие химические вещества

продажу и утилизацию, а также требования к маркировке и упаковке молочной продукции [7]. В соответствии с официальными данными доля фальсифицированной молочной продукции на прилавках магазинов составляет около 26–30 % в год [5, 6]. Согласно данным Россельхознадзора эта доля может достигать 45–50 % [6]. В соответствии с докладом Роспотребнадзора за первый квартал 2022 г. при исследовании 60 тысяч образцов молочных изделий в 4,57 % случаев были обнаружены нарушения физико-химических параметров, а в 2,57 % проб выявлено присутствие нежелательных микроорганизмов. Как следствие, было конфисковано более 22,7 т низкокачественной молочной продукции [8].

Научные методы обнаружения фальсификации молока, их преимущества и недостатки приведены в таблице.

### ЭЛЕКТРОФОРЕТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

Смешивание молока, полученного от различных видов животных (коровьего, козьего, овечьего и др.), является наиболее простым способом его подделки [9]. Количественное обнаружение фальсифицированного молока значительно усложняется из-за генетического и негенетического полиморфизма. Для выявления фальсификации применяют электрофоретические методы, включая электрофорез в полиакриламидном геле (ПААГ) и изоэлектрическую фокусировку (ИЭФ). Электрофорез в ПААГ, основанный на анализе профилей  $\beta$ -лактоглобулинов и  $\alpha$ -лактальбуминов, является быстрым и удобным методом. Однако его применение может быть ограничено анализом только свежего молока, поскольку в готовой продукции структура белков может разрушаться при тепловой обработке или изменении pH в ходе технологического процесса.

В Евросоюзе изоэлектрическая фокусировка  $\gamma$ -казеина является эталонным методом выявления примеси коровьих казеинов в молоке овец, коз и сырах из буйволиного молока. Однако этот метод не подходит для обнаружения преднамеренного внесения в молочные продукты термически обработанных концентратов бычьего сывороточного альбумина. ИЭФ также не выявляет следовые количества козьего молока в овечьем сыре и молоке.

Капиллярный электрофорез (КЭ) обладает более высокой разрешающей способностью и производительностью по сравнению с методами, основанными на гель-электро-

форезе. КЭ может фиксировать добавление коровьего молока к буйволиному и идентифицировать молоко от различных видов животных в образцах сыра [10].

### ИММУНОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

Иммунохимические методы используются в пищевой промышленности для выявления посторонних компонентов и загрязнителей. Иммуноферментный анализ (ИФА) основан на реакции «антиген-антитело», что обеспечивает высокую чувствительность и специфичность метода. Однако ИФА не всегда гарантирует точность, достаточную для количественной аутентификации продуктов.

Иммунологические анализы с латеральным потоком (LFIA) представляют собой альтернативные инструменты, которые могут применять специалисты без особой подготовки. Они используются для скрининга, а также в сыроделии для проверки подлинности молока. LFIA обнаруживает до 0,5 % коровьего молока в козьем, овечьем или буйволином без ложноположительных результатов.

Имеются также методы для определения молока других видов животных, например ELISA для выявления незначительных количеств коровьего молока, смешанного с ослиным, и непрямой конкурентный ИФА для обнаружения коровьего молока в молоке яка при помощи специфических моноклональных антител к бычьему  $\beta$ -казеину [10].

### СПЕКТРОМЕТРИЯ И ХРОМАТОГРАФИЯ

Широкое применение для обнаружения добавок в молоке находят разнообразные хроматографические подходы к разделению аналитов (включая высокоэффективную жидкостную хроматографию с обращенной фазой, сверхвысокоэффективную жидкостную хроматографию и газовую хроматографию) и их детекции (УФ-видимая и флуоресцентная спектрофотометрия, рефрактометрия, детекторы светорассеяния и т.д.).

Идентификацию структур белков, основанную на масс-спектрометрии, часто совмещают с хроматографическими методами. Однако при проведении подобных испытаний исследователи могут столкнуться с рядом проблем, связанных с возможным загрязнением проб и нестабильностью изучаемых веществ. Кроме того, это дорогостоящие методы, требующие сложных процедур предварительной подготовки проб [9, 11].

## СПЕКТРОСКОПИЯ

Некоторые спектроскопические методы, включая рамановскую спектроскопию и УФ-видимую спектроскопию, используются для обнаружения примесей в молоке благодаря малой продолжительности анализа, минимальной обработке исходного материала и безопасности.

Для выявления содержания меламина в молоке успешно применяют ИКФС (Фурье-спектроскопия в инфракрасной области SB-ATR-FTIR), спектроскопию комбинационного рассеивания (SERS), спектроскопию в ближнем (NIR) и среднем (MIR) инфракрасных диапазонах, а также УФ-спектроскопию. Методы NIR и MIR наиболее часто используют для обнаружения в молоке воды, мочевины, перекиси водорода и сывороточных белков.

Фальсификация молочных продуктов может быть выявлена с помощью экологически чистых и быстрых спектроскопических методов, но их использование ограничено сложностью анализа данных [9, 11].

## ТЕРМИЧЕСКИЕ АНАЛИЗЫ

В производственной практике используют два главных метода выявления добавленной воды в молоке: рефрактометрический, устанавливающий приблизительное процентное содержание посторонней воды, и криоскопический, базирующийся на определении температуры замерзания. Определение точки замерзания молока является наиболее надежным, простым и проверенным методом обнаружения даже незначительного количества добавленной воды [12]. Дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК) — это термоаналитический метод, отслеживающий изменение теплоемкости образца при его нагревании или охлаждении. На практике ДСК успешно применяется для обнаружения внесенного в молочную продукцию растительного, а также куриного и говяжьего жиров [13].

## БИОСЕНСОРЫ

Химические сенсоры определяют вещества с помощью реакций, а биосенсоры используют биологические взаимодействия между рецептором и молекулой-мишенью, чтобы преобразовать измеряемый сигнал. Биосенсоры являются простыми, экспрессными, высокопроизводительными и недорогими инструментами для обнаружения ГМО, аутентификации продуктов животного происхождения и анализа аллергенов.

В отношении молочных продуктов разработаны иммунно- и геносенсоры для видовой идентификации на основе прямого распознавания биологического взаимодействия между рецептором и молекулой-мишенью (белками или ДНК) [10].

## ПОЛИМЕРАЗНАЯ ЦЕПНАЯ РЕАКЦИЯ (ПЦР)

Электрофоретические, иммунологические и хроматографические методы широко распространены в пищевой промышленности для изучения состава продуктов, но они не всегда подходят для продуктов, содержащих белки и липиды в качестве маркеров из-за их нестабильности при высоком давлении, температуре и химической обработке во время производства. Высокие температуры и давление в ходе технологической обработки могут также изменить антигенность и электрофоретическую подвижность белков.

В последнее время различные модификации ПЦР, такие как мультиплексная ПЦР, ПЦР в реальном времени, полиморфизм длин рестрикционных фрагментов (ПДРФ), широко применяются для обнаружения пищевых примесей в молоке различных видов сельскохозяйственных животных. ПЦР помогают обнаруживать микробиологическое загрязнение и присутствие экзогенного сырья как в сыром, так и переработанном молоке. Необходимо отметить, что в некоторых случаях высокий уровень жиров и белков, содержащихся в молоке, может создавать проблемы при проведении ПЦР за счет ингибирования реакции. Кроме того, метод не способен идентифицировать добавки, не содержащие ДНК [11].

Внедрение технологий секвенирования нового поколения в пищевой сектор позволяет вывести оценку подлинности продуктов питания на новый уровень. NGS — точный метод обнаружения и дифференциации видов молочного сырья в каждом исследуемом образце, не требующий предварительных сведений о его составе. Однако метод пока остается трудоемким и дорогостоящим.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хуршудян, С. А. Качество пищевых продуктов. Термины, определения и противоречия/С. А. Хуршудян, А. Г. Галстян// Контроль качества продукции. 2018. № 1. С. 48–49.
2. Гильманов, Х. Х. Проблема фальсификации видовой принадлежности молока/Х. Х. Гильманов [и др.]// Актуальные вопросы молочной промышленности, межотраслевые технологии и системы управления качеством. 2020. Т. 1. № 1 (1). С. 125–129. DOI 10.37442/978-5-6043854-1-8-2020-1-125-129.
3. Пряничникова, Н. С. К частным вопросам реализации Стратегии 2030 в молочной промышленности/Н. С. Пряничникова// Молочная промышленность. 2022. № 9. С. 10–13. DOI 10.31515/1019-8946-2022-09-10-12.
4. Петров, А. Н. Актуальные аспекты противодействия фальсификации пищевых продуктов/А. Н. Петров, Р. А. Ханферьян, А. Г. Галстян// Вопросы питания. 2016. Т. 85. № 5. С. 86–92.
5. Куприна, А. В. Современные проблемы молочной отрасли в России/А. В. Куприна, А. В. Селюк// Региональные проблемы преобразования экономики. 2018. № 5 (91). С. 14–22.
6. Воронин, Б. А. Рынок производства молока: статистика потребления и качество продукции/Б. А. Воронин [и др.]// International agricultural journal. 2020. № 5. P. 28–42.
7. Качество и безопасность молочной продукции – URL: <https://gkan.cap.ru/news/2022/02/14/kachestvo-i-bezopasnostj-molochnoj-produkcii> (Дата обращения 27.03.2023)
8. Роспотребнадзор изъял из оборота 22,7 т молока и молочной продукции – URL: <https://roscontrol.com/journal/news/rospotrebнадзор-izyal-iz-oborota-227-t-moloka-i-molochnoy-produkcii/> (Дата обращения 27.03.2023)
9. Azad, T. Common milk adulteration and their detection techniques/T. Azad, S. Ahmed// International Journal of Food Contamination. 2016. V. 3. P. 1–6.
10. Mafra, I. Animal species authentication in dairy products/I. Mafra, M. Honrado, J. S. Amaral// Foods. 2022. V. 11. № 8. P. 1124.
11. Nagraik, R. Milk adulterant detection: Conventional and biosensor based approaches: A review/R. Nagraik [et al.]// Sensing and Bio-Sensing Research. 2021. V. 33. P. 100433.
12. Vujadinović, D. Comparison of methods for determining the falsification of milk/D. Vujadinović [et al.]// J. Hyg. Engin. 2017. V. 18. P. 19–24.
13. Poonia, A. Detection of adulteration in milk: A review/A. Poonia [et al.]// International journal of dairy technology. 2017. V. 70. № 1. P. 23–42.