

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Российский научно-исследовательский институт информации
и технико-экономических исследований по инженерно-техническому
обеспечению агропромышленного комплекса»
(ФГБНУ «Росинформагротех»)

МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ ПРОДУКЦИИ ЖИВОТНОВОДСТВА

Научный аналитический обзор



Москва 2018

«ТЕХНИКА И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СЕЛА» – ВАШ ПОМОЩНИК В НАУЧНОЙ, ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ, УПРАВЛЕНЧЕСКОЙ И УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ!

Ежемесячный полнокрасочный научно-производственный и информационно-аналитический журнал «Техника и оборудование для села», учредителем и издателем которого является ФГБНУ «Росинформагротех», выпускается с 1997 г. при поддержке Минсельхоза России и Россельхозакадемии. За это время журнал стал одним из ведущих изданий в отрасли и как качественное и общественно значимое периодическое средство массовой информации в 2008, 2009 и 2011 гг. удостоен знака отличия «Золотой фонд прессы». В редакционный совет журнала входят 7 академиков РАН.

В журнале освещаются актуальные проблемы технической и технологической модернизации АПК: инновационные проекты, технологии и оборудование, энергосбережение и энергоэффективность; механизация, электрификация и автоматизация производства и переработки сельхозпродукции; агротехсервис; аграрная экономика; информатизация в АПК; развитие сельских территорий; технический уровень сельскохозяйственной техники; возобновляемая энергетика и др.

Журнал является постоянным участником большинства международных и российских выставок, конференций и других крупных мероприятий в области АПК, проходящих в России, неоднократно отмечался почетными грамотами, дипломами и медалями (более 10).

Журнал включен в международную базу данных AGRIS ФАО ООН, Российский индекс научного цитирования (РИНЦ).

Регионы распространения журнала: Центральный, Центрально-Черноземный, Поволжский, Северо-Кавказский, Уральский, Западно-Сибирский, Восточно-Сибирский, Северный, Северо-Западный, Калининградская область, а также государства СНГ (Украина, Беларусь, Казахстан).

Индекс в каталоге агентства «Роспечать» – 72493, в объединенном каталоге «Пресса России» – 42285.

Стоимость подписки на 2019 г. с доставкой по Российской Федерации – 8316 руб. с учетом НДС (10%), по СНГ и странам Балтии – 9480 руб. (НДС – 0%).

Приглашаем разместить в журнале «Техника и оборудование для села» информационные (рекламные) материалы, соответствующие целям и профилю журнала.

Подписку и размещение рекламы можно оформить через ФГБНУ «Росинформагротех» с любого месяца, на любой период, перечислив деньги на наш расчетный счет.

Банковские реквизиты: УФК по Московской области
(Отдел № 28 Управления Федерального казначейства по МО)
ИНН 5038001475/КПП 503801001

ФГБНУ «Росинформагротех», л/с 20486Х71280,
р/с 40501810545252000104 в ГУ Банка России по ЦФО, БИК 044525000
В назначении платежа указать код КБК (000 0000 0000000 000 440), ОКТМО 46647158.

Адрес редакции: 141261, Московская обл., пос. Правдинский, ул. Лесная, 60,
Росинформагротех, журнал «Техника и оборудование для села».
Справки по телефону: (495), 993-44-04, (496) 531-19-92;
E-mail: r_technica@mail.ru, fgnu@rosinformagrotech.ru



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Российский научно-исследовательский институт информации
и технико-экономических исследований по инженерно-
техническому обеспечению агропромышленного комплекса»
(ФГБНУ «Росинформагротех»)

**МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА
И БЕЗОПАСНОСТИ ПРОДУКЦИИ
ЖИВОТНОВОДСТВА**

Научный аналитический обзор

Москва 2018

УДК 637.07
ББК 30.607:45/47
Ф 33

Рецензенты:

Н.М. Морозов, д-р экон. наук, проф., академик РАН,
зав. отделом ВНИИМЖ;

О.А. Леонов, д-р техн. наук, проф., зав кафедрой метрологии,
стандартизации и сертификации РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Федоренко В.Ф., Мишуров Н.П., Буклагин Д.С. Методы контроля
Ф 33 **качества и безопасности продукции животноводства: науч. аналит. обзор.** – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. – 176 с.

ISBN 978-5-7367-1448-3

Приведены основные нормативы качества и безопасности продукции животноводства, требования технических регламентов, нормативных правовых актов по контролю показателей, методам отбора проб анализируемой продукции. Дан анализ использования современных физико-химических методов и приборов для измерения основных показателей, характеризующих качество и безопасность животноводческой продукции.

Предназначено для работников агропромышленного комплекса, специалистов аналитических лабораторий и исследовательских центров по оценке качества и безопасности сельскохозяйственной продукции животного происхождения.

Fedorenko, V.F., Mishurov, N.P., Buklagin, D.S. Methods of quality control of livestock products: scientific and analytical overview. – М.: Rosinformagrotekh, 2018. – 176 pp.

The basic standards of quality and safety of livestock products, the requirements of technical regulations, regulatory acts on monitoring indicators and methods of sampling products to be analyzed are given. An analysis of the use of modern physicochemical methods and devices for measuring the main indicators characterizing the quality and safety of livestock products is given.

It is intended for workers of the agribusiness, specialists of analytical laboratories and research centers to assess the quality and safety of agricultural products of animal origin.

УДК 637.07
ББК 30.607:45/47

ISBN 978-5-7367-1448-3

© ФГБНУ «Росинформагротех», 2018

Стратегической целью продовольственной безопасности России является обеспечение населения страны качественной и безопасной сельскохозяйственной продукцией и продовольствием. Это обуславливает необходимость развития методов, приборов и оборудования для контроля качества и безопасности продукции сельского хозяйства на всех этапах производства, переработки и хранения.

До 2025 г. предстоит не менее чем на 50% увеличить количество современных методов для контроля качества сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия и экспертизы генетического материала, что позволит значительно увеличить объемы исследований и испытаний образцов с целью мониторинга показателей качества и принятия оперативных управленческих решений [1, 2].

Разработка и совершенствование методов оценки качества и безопасности пищевой продукции и продовольственного сырья являются актуальными задачами, обусловленными рядом объективных факторов, сопровождающих процесс сельскохозяйственного производства. Прежде всего, это развитие научно-технического прогресса, связанного с внедрением современных технологий в растениеводстве и животноводстве, применение различных кормовых добавок, ветеринарных препаратов, расширение международной торговли и др. Большое значение имеет контроль за остаточным количеством гормональных стимуляторов роста в продуктах животного происхождения, широко применяемых при откорме сельскохозяйственных животных и птицы. Это может приводить к их избыточному накоплению в мясе и мясопродуктах и представлять серьезную опасность для здоровья человека [3].

При контроле показателей качества и безопасности молочной продукции остро стоит вопрос выявления фальсификаций молока-сырья, так как фальсифицируются не только основные качественные (жир, белок, сухие вещества), но и технологические показатели. Это обуславливает необходимость разработки новых параметров, учи-

тывающих современные требования, что приводит к возрастающим объемам работ и количеству определяемых показателей.

Поэтому постоянно совершенствуются существующие и разрабатываются новые аппаратурные методы исследований, позволяющие повысить чувствительность и производительность анализа, создаются тест-наборы и тест-системы, доступные для применения в производственных лабораториях.

В последние годы все более широкое распространение для анализа молока-сырья в условиях производственной лаборатории получили инструментальные методы инфракрасной спектроскопии (ИКС), ИК-спектроскопия ближней области, ИК-Фурье-спектроскопия, различные разновидности ИК-анализаторов, а также ультразвуковые анализаторы.

В основе контроля качества продукции растениеводства и животноводства лежат принципы согласованности гигиенических нормативов по безопасности продовольственного сырья и пищевой продукции, технических нормативных правовых актов, периодичности контроля, обеспечение достоверности результатов измерений. Оценка качества и безопасности продукции осуществляется аккредитованными в законодательном порядке научно-исследовательскими институтами, межобластными лабораториями и референтными центрами системы Россельхознадзора, испытательными лабораториями и экспертными группами Системы независимого контроля качества «Росконтроль», лабораториями ФБУ «Ростест-Москва» и другими организациями. Только в рамках Европейского экономического союза контроль соответствия молока и молочной продукции требованиям технического регламента осуществляют 286 организаций по сертификации и 564 испытательные лаборатории [4].

В таких центрах и испытательных лабораториях применяются современное оборудование и приборы, позволяющие автоматизировать технологии измерения и ускорить анализ компонентов в исследуемых образцах продуктов питания, пищевом сырье, поэтому такому оборудованию уделяется особое внимание.

Учитывая, что химические методы анализа качества готовой продукции и сельскохозяйственного сырья достаточно трудоемки, занимают много времени, требуют специальных реактивов и ква-

лифицированных специалистов-аналитиков, в настоящее время все шире применяются инструментальные (физико-химические) методы анализа.

Аналитическая практика располагает широким ассортиментом лабораторного оборудования для контроля показателей качества животноводческой продукции, в том числе приборами, используемыми для идентификации качества произведенной продукции. Поскольку приборы для однокомпонентного анализа таких показателей качества сельскохозяйственной продукции, как влажность, белок, жир достаточно подробно рассмотрены в [5], то в этом издании большее внимание уделено приспособлениям для многокомпонентного анализа показателей, характеризующих продукцию животноводства.

Это приборы высокоэффективной жидкостной хроматографии, основанные на последних достижениях науки и позволяющие проводить многокомпонентный анализ продукции, инфракрасные спектрометры, анализаторы и другие устройства, позволяющие определять основные показатели качества и безопасности продукции животноводства.

В настоящем обзоре рассматриваются нормативные требования, методы отбора проб, современная инструментальная и методическая база для измерения и оценки основных показателей качества и безопасности продукции животного происхождения, которая входит в следующие группы (по кодам ТН ВЭД ТС): мясо и мясопродукты – из группы 02, молоко и молочные продукты – из группы 04 (молоко).

1. ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОЛИТИКА И НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ ПРОДУКЦИИ ЖИВОТНОВОДСТВА

Обеспечение населения качественным и безопасным продовольствием и предотвращение поступления на потребительский рынок недоброкачественной продукции приобретают первостепенное значение и являются главными задачами государственной политики.

Государственный контроль (надзор) качества и безопасности продуктов животного происхождения осуществляется федеральными органами исполнительной власти, органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации, уполномоченными на осуществление соответственно федерального государственного санитарно-эпидемиологического надзора, федерального и регионального государственного ветеринарного надзора, согласно их компетенции в порядке, установленном Правительством Российской Федерации.

Государственный надзор включает в себя:

- 1) контроль соблюдения законодательства Российской Федерации в области обеспечения качества и безопасности пищевых продуктов;
- 2) установление причин и условий возникновения болезней людей и животных;
- 3) пресечение нарушений законодательства Российской Федерации в области обеспечения качества и безопасности пищевых продуктов и применение мер административного воздействия к лицам, допустившим такие правонарушения.

В настоящее время в стране создана законодательная и методическая база в области качества и безопасности продуктов животного происхождения. В нее входят федеральные законы – от 21 ноября 2011 г. № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации», от 2 января 2000 г. № 29-ФЗ «О качестве и безопасности пищевых продуктов», от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании»; технические регламенты по отдель-

ным видам продукции; постановления Правительства Российской Федерации, постановления Главного санитарного врача Российской Федерации; приказы Госстандарта, а также законы и иные нормативные правовые акты субъектов Российской Федерации; ГОСТы на технические условия на производство; методы испытаний и контроля продукции животноводства; другие документы (см. приложение).

Отношения в области обеспечения качества пищевых продуктов и их безопасности для здоровья человека регулируются Федеральным законом от 2 января 2000 г. № 29-ФЗ «О качестве и безопасности пищевых продуктов», которым определены следующие основные понятия [6]:

- **пищевые продукты** – продукты в натуральном или переработанном виде, употребляемые человеком в пищу (в том числе продукты детского питания, продукты диетического питания), бутилированная питьевая вода, алкогольная продукция (в том числе пиво), безалкогольные напитки, жевательная резинка, а также продовольственное сырье, пищевые и биологически активные добавки;

- **качество пищевых продуктов** – совокупность характеристик пищевых продуктов, способных удовлетворять потребности человека в пище при обычных условиях их использования;

- **безопасность пищевых продуктов** – состояние обоснованной уверенности в том, что пищевые продукты при обычных условиях их использования не являются вредными и не представляют опасности для здоровья нынешнего и будущих поколений;

- **пищевая ценность пищевого продукта** – совокупность свойств пищевого продукта, при наличии которых удовлетворяются физиологические потребности человека в необходимых веществах и энергии;

- **фальсифицированные пищевые продукты (в том числе биологически активные добавки), материалы и изделия** – пищевые продукты (в том числе биологически активные добавки), материалы и изделия, умышленно измененные (поддельные) и (или) имеющие скрытые свойства и качество, информация о которых является заведомо неполной или недостоверной;

- **идентификация пищевых продуктов, материалов и изделий** – деятельность по установлению соответствия определенных

пищевых продуктов, материалов и изделий требованиям нормативных, технических документов и информации о пищевых продуктах, материалах и об изделиях, содержащейся в прилагаемых к ним документах и на этикетках.

Этим Федеральным законом регулируются отношения в области обеспечения качества пищевых продуктов и их безопасности для здоровья человека и устанавливаются основания для лишения оборотоспособности пищевых продуктов, если они:

- а) не соответствуют требованиям нормативных документов;
- б) имеют явные признаки недоброкачества;
- в) не имеют удостоверений качества и безопасности, документов изготовителя, поставщика;
- г) не соответствуют представленной информации;
- д) не имеют установленных сроков годности или сроки годности истекли;
- е) не имеют маркировки.

Такие пищевые продукты признаются некачественными и опасными, не подлежат реализации, утилизируются или уничтожаются. Для обеспечения качества и безопасности пищевых продуктов, материалов и изделий Закон обязывает:

- государство – применять меры государственного регулирования в данной сфере отношений и меры по пресечению нарушений законодательства, в том числе требований соответствующих нормативных документов, а также мер гражданско-правовой, административной и уголовной ответственности к лицам, виновным в совершении указанных нарушений;

- граждан (в том числе индивидуальных предпринимателей) и юридических лиц, осуществляющих деятельность по изготовлению и обороту пищевых продуктов проводить:

организационные, агрохимические, технологические, инженерно-технические, санитарно-противоэпидемические и фитосанитарные мероприятия по выполнению требований нормативных документов к пищевым продуктам;

производственный контроль качества и безопасности пищевых продуктов, условий их изготовления, хранения и реализации, внедрение систем управления качеством пищевых продуктов. Например,

ФБУ «Ростест-Москва» осуществляет сертификацию систем менеджмента безопасности пищевых продуктов предприятий на исполнение стандарта ГОСТ Р ИСО 22000-2007 внедрения интегрированных систем менеджмента в общую систему управления предприятием. Стандарт ИСО 22000 объединяет принципы системы анализа рисков и критических контрольных точек (НАССР), этапы ее применения, разработанные Комиссией «Кодекс Алиментариус» [7, 8].

Кроме того, индивидуальные предприниматели и юридические лица обязаны предоставлять потребителям, а также органам государственного надзора и контроля полную и достоверную информацию о качестве и безопасности пищевых продуктов, соблюдении требований нормативных документов при их изготовлении и обороте.

В настоящее время в систему органов исполнительной власти по государственному надзору и контролю входят Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному надзору (Россельхознадзор), Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. Эти органы исполнительной власти обязаны обеспечивать органы государственной власти, граждан (в том числе индивидуальных предпринимателей) и юридических лиц соответствующей информацией относительно качества и безопасности пищевых продуктов, соблюдения требований нормативных документов, государственной регистрации пищевых продуктов и подтверждения их соответствия требованиям нормативных документов.

К основным направлениям государственного регулирования в области обеспечения качества и безопасности пищевых продуктов относятся:

- а) государственное нормирование;
- б) государственная регистрация пищевых продуктов;
- в) оценка и подтверждение соответствия требованиям нормативных документов пищевых продуктов, а также систем качества;
- г) государственный надзор и контроль;
- д) мониторинг качества и безопасности пищевых продуктов и здоровья населения.

Приоритетные направления государственной политики в области обеспечения качества и безопасности пищевой продукции

определены постановлениями Правительства Российской Федерации.*

Требования по качеству и безопасности пищевых продуктов определяются государственными стандартами, санитарными и ветеринарными правилами, которые утверждаются органами государственного надзора и контроля и являются обязательными для граждан (в том числе индивидуальных предпринимателей) и юридических лиц, осуществляющих деятельность по изготовлению и обороту пищевых продуктов.

Новые пищевые продукты, изготовленные в России либо впервые ввезенные на ее территорию, а также импортные пищевые продукты до их ввоза на территорию Российской Федерации и внесения в Государственный реестр пищевых продуктов, материалов и изделий, разрешенных для изготовления на территории Российской Федерации или ввоза на территорию Российской Федерации и оборота, подлежат обязательной регистрации в федеральных службах по государственному санитарно-эпидемиологическому надзору и Россельхознадзору.

Соответствие требованиям нормативных документов качества пищевых продуктов, а также систем качества подтверждаются их изготовителями посредством декларации о соответствии в порядке, установленном законодательством Российской Федерации.

С вступлением в силу Федерального закона Российской Федерации «О техническом регулировании» в России проводится работа по техническому регулированию, объектом которой является продукция животного происхождения. Ее цель – формирование национальной политики в области качества товаров и услуг, четкое определение государством областей обязательных (приоритетных) требований, а также регулирование международного взаимодействия России и Всемирной торговой организации (ВТО), России и Европейского союза, России и Европейской экономической комиссии ООН (ЕЭК ООН), гармонизация российских требований с международными, создание понятных для отечественных и зарубежных товаропроизводителей правил поведения.

*Постановления Правительства РФ от 22 ноября 2000 г. № 883 и от 21 декабря 2000 г. № 987.

Виды пищевых продуктов, перечень которых утверждается Правительством Российской Федерации, а также системы качества подлежат оценке и подтверждению соответствия требованиям нормативных документов посредством сертификации. Сертификация продуктов животного происхождения – это процедура подтверждения ее соответствия требованиям технических регламентов, положениям стандартов или условиям договоров.

В настоящее время сертификация пищевой продукции проводится в зависимости от конкретного вида продуктов и имеющихся законодательных актов на нее. Сертификация одних продуктов обязательна в системе законодательства Евразийского союза (Таможенного союза – ТС), других – для подтверждения исполнения требований российских законов.

Если на продукты питания установлены требования ТР РФ, то сертификация пищевой продукции, указанной в регламенте, происходит на исполнение данного документа. На его основе могут быть оформлены обязательный сертификат соответствия или декларация о соответствии требованиям конкретного регламентирующего документа.

Например, сертификация продукции животноводства проводится в соответствии со следующими регламентами [9].

Сертификация молока – в соответствии с ТР ТС «О безопасности молока и молочной продукции», на данные товары необходимо в обязательном порядке оформлять либо сертификат на молоко и молочную продукцию, либо декларацию о соответствии.

Сертификация молочной продукции – не подлежат обязательной сертификации только вторичное молочное сырье и побочные продукты переработки молока, не предназначенные для употребления в пищу.

Сертификация мясной продукции – на мясо оформляется декларация соответствия (в порядке, утвержденном ТР ТС 021/2011) и ветеринарный паспорт. Что касается последнего документа, то он подтверждает успешное прохождение ветеринарно-санитарной экспертизы, которая согласно ТР обязательна только для мяса птицы, которое не было переработано.

Сертификат соответствия ТР ТС – документ, свидетельствующий о соответствии конкретной продукции требованиям и прави-

лам, указанным в техническом регламенте на этот вид продукции. Такой документ действителен на территории всех стран-участниц Таможенного союза.

Декларация Таможенного союза – документ, подтверждающий соответствие товара требованиям конкретного технического регламента и действующий во всех странах Таможенного союза.

Другие пищевые продукты подлежат обязательному декларированию на основе ПП № 982 от 01.12.2009 с оформлением декларации соответствия в системе ГОСТ Р. Оформление такого разрешительного документа сертификации может быть в органе сертификации, имеющем аккредитацию в Росстандарте [10].

Декларация о соответствии и Сертификат соответствия имеют равную юридическую силу и действуют на всей территории Российской Федерации в отношении каждой единицы продукции, выпускаемой в обращение на территории Российской Федерации во время действия декларации о соответствии или сертификата соответствия, в течение срока годности или срока службы продукции, установленных в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Разница между сертификацией пищевых продуктов и подтверждением их соответствия в системе ГОСТ Р и техническому регламенту выражается лишь в маркировке продукции. При декларировании в системе ГОСТ Р на продукцию ставится знак соответствия, а при декларировании сертификации по техническому регламенту продукция маркируется знаком обращения на рынке [11].

Декларация на продукты питания, заменившая собой обязательный сертификат соответствия, – это закономерный итог поступательного развития системы оценки соответствия продукции в России с учетом элементов положительного мирового опыта.

Если изготовитель сертифицированных пищевых продуктов (или изготовитель, имеющий сертификат соответствия системы качества) нарушает установленные нормативными документами требования, то орган, выдавший соответствующий сертификат, обязан приостановить изготовление и (или) реализацию пищевых продуктов, действие сертификата на период устранения нарушений или, если устранить нарушения не представляется возможным, отменить действие сертификата.

В настоящее время Минсельхоз России совместно с Россельхознадзором активно работают по организации внедрения системы электронной сертификации продукции животного происхождения. С 1 января 2018 г. ветеринарная сертификация сельскохозяйственных продуктов животного происхождения должна осуществляться строго в электронном виде.

Новая программа электронной сертификации сырья и продукции, поднадзорных Госветнадзору, без труда отслеживает перемещение подобных грузов по России, исключая возникновение в продаже фальсификата и контрафактных товаров. Предприятия и организации, которые работают в сфере производства и оборота продуктов и сырья животного происхождения, теперь имеют возможность получать все сопроводительные ветеринарные документы (необходимые справки и свидетельства) уже в электронном виде. Осуществляется электронная сертификация с помощью автоматизированной системы под названием «Меркурий». В общую базу информационной системы вносятся: полуфабрикаты животного происхождения; мясо и мясная продукция; молоко и молочные товары; колбасная продукция; все ингредиенты (сырье) животного происхождения; все товары, которые содержат в себе животноводческие компоненты [12].

Такая система, в отличие от бумажных сертификатов, обеспечивает контроль за происхождением и перемещением продукции, гарантирует ее безопасность и качество.

Постановлением Правительства Российской Федерации от 14.12.2009 № 1009 «О порядке совместного осуществления Министерством здравоохранения и социального развития Российской Федерации и Министерством сельского хозяйства Российской Федерации функций по нормативно-правовому регулированию в сфере контроля за качеством и безопасностью пищевых продуктов и по организации такого контроля», вступившем в силу 26.12.2009, перераспределены полномочия между Минздравсоцразвития России – Роспотребнадзором и Минсельхозом России – Россельхознадзором по нормативно-правовому регулированию правоотношений в сфере контроля за качеством и безопасностью пищевых продуктов.

К объектам ветеринарного надзора отнесены, в частности [13]:

- продовольственное сырье животного происхождения, не под-

вергшееся промышленной или тепловой обработке, в том числе мясо, мясные и другие продукты убоя (промысла) животных, продукты их первичной переработки (включая кровь и субпродукты), молоко сырое, сливки сырые, продукция пчеловодства, яйца и яйцепродукты, а также пищевые продукты животного происхождения непромышленного изготовления, предназначенные для реализации на розничных рынках;

- деятельность юридических лиц и граждан, в том числе индивидуальных предпринимателей, осуществляющих заготовку, переработку, перевозку и хранение вышеперечисленной продукции животного происхождения.

Эти положения постановления № 1009 устанавливают, что продукты животного происхождения, подвергшиеся промышленной или тепловой обработке, готовая продукция (колбасные изделия, копчености мясные и мясорастительные консервы) не являются объектом ветеринарного надзора, а следовательно, на них не требуется оформлять ветеринарные сопроводительные документы.

С 01.02.2017 вступили в силу новые Правила выдачи ветеринарных сопроводительных документов, согласно которым они оформляются на подконтрольные товары, включенные в Единый перечень товаров, подлежащих ветеринарному контролю (надзору).

Принятие новых Правил обусловлено необходимостью гармонизации российского законодательства и соответствия нормативным документам Таможенного союза. Таким образом, постановление № 1009 не противоречит документам Таможенного союза: в отношении готовой мясопродукции промышленной выработки ветеринарный контроль (надзор) ограничен контролем в части эпизоотического благополучия. Это означает, что ветеринарные сопроводительные документы на данную продукцию при ее перевозке выдаются, но ветсанэкспертиза при этом не производится – проверяются только документы на исходное сырье животного происхождения.

2. НОРМАТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ПРИ КОНТРОЛЕ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

2.1. Молоко и молочная продукция

В соответствии с действующими стандартами приняты следующие определения [14-16].

Сырое молоко – молоко, не подвергавшееся термической обработке при температуре более 40°C или обработке, в результате которой изменяются его составные части.

Молоко – продукт нормальной физиологической секреции молочных желез коров, овец, коз и др., полученный от одного или более животных от одного или нескольких доений.

Молочный продукт – пищевой продукт, изготавливаемый из молока и/или его составных частей и/или вторичного молочного сырья без использования в нем немолочных жира и белка. Молочный продукт изготавливают из натурального, нормализованного, восстановленного, рекомбинированного, замороженного молока и/или их смесей.

Молокосодержащий продукт – пищевой продукт, изготавливаемый из молока и/или его составных частей, и/или вторичного молочного сырья и жиров и/или белков, и/или ингредиентов немолочного происхождения с массовой долей сухих веществ молока в сухих веществах продукта не менее 25% [14].

Питьевое молоко – молочный продукт с массовой долей жира менее 10%, подвергнутый термической обработке, как минимум пастеризации, без добавления сухих молочных продуктов и воды, расфасованный в потребительскую тару [16].

Высокое качество молочной продукции может быть достигнуто только при условии хорошо организованного входного контроля молока-сырья, который базируется на эффективном использовании современных методов анализа, регулировании процесса производства и применении четко обоснованной нормативно-технической базы.

Без учета этих требований невозможно выстроить производственный контроль качества и безопасности продукции на предприятии, получать полноценную информацию о составе и качестве молока и решать основную задачу – производство продукта гарантированного качества.

Необходимо отметить, что для оценки качества молока-сырья можно ограничиться контролем и измерением только нормируемых показателей, чтобы снизить затраты на проведение измерений. Однако иногда этого недостаточно, так как выработывая различный спектр молочных продуктов, предприятие, оценивая состав белка, не учитывает присутствие ингибирующих, нейтрализующих и консервирующих веществ, исследование молока по органолептическим и микробиологическим показателям, что может привести к значительным потерям и постоянному регулированию технологического процесса, а это затратно и неэффективно.

Остро стоит вопрос о выявлении фальсификаций молока-сырья, так как фальсифицируются не только основные показатели его качества (жир, белок, сухие вещества), но и технологические параметры (термоустойчивость, кислотность и т.д.). Данное обстоятельство усложнило работу производственных лабораторий и привело к необходимости проводить анализ по достаточно большому количеству параметров. Сам анализ полученных результатов при этом также значительно усложнился, поэтому нужно не просто оценить результат, но и учесть математическую статистику и влияние различных факторов на конечные измерения. В связи с этим появляется необходимость в разработке перечня измеряемых показателей с учетом всех современных требований.

Если систематизировать принципы контроля качества молока-сырья, то они могут включать в себя [17]:

- разработку перечня измеряемых показателей, необходимых для его осуществления;
- выбор метода оценки измеряемых показателей;
- анализ полученных результатов измерений и определение их качества;
- применение результатов мониторинга молока-сырья по показателям качества и безопасности для совершенствования их контроля.

В зависимости от технологии производства молочные продукты подразделяются на молоко питьевое и сливки, кисломолочные продукты (кисломолочные напитки, творог и сметана), масло коровье (сливочное и топленое), молочные консервы (сухое молоко и сливки, сгущенное, концентрированное и стерилизованное молоко), мороженое (молочное, сливочное, пломбир и безмолочное-фруктовое), сыры (сычужные и кисломолочные) [18].

Улучшение качества молока и молочных продуктов, повышение их безопасности, сохранности состава, ценнейших природных качеств и полезных свойств, являются актуальными направлениями в решении продовольственной безопасности Российской Федерации, а также обеспечении полноценного и здорового питания населения страны. Поэтому проблеме контроля качества и безопасности молока, развитию методов и инструментальной базы для этих целей уделяется значительное внимание [5, 19].

В настоящее время система нормирования показателей качества и безопасности молока определяется техническими регламентами Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции», а также межгосударственным стандартом на молоко коровье сырое ГОСТ 31449-2013 Молоко коровье сырое. ТУ, который установил единые требования к молоку-сырью на территории всего таможенного пространства.

Следует отметить, что в разработанном стандарте установлены повышенные требования к бактериальной обсемененности молока и содержанию соматических клеток и отсутствует деление молока на сорта. В связи с тем, что переработчик регулирует процесс контроля молока-сырья и его оплату по договору поставки, где и указываются все необходимые условия доставки и обеспечения качества, то и устанавливать дополнительные требования в стандартах нет необходимости, так как такой показатель как сортность молока в ТР ТС 033/2013 отсутствует [20].

В соответствии с ГОСТ 31449-2013 Молоко коровье сырое. ТУ физико-химические и микробиологические показатели молока должны соответствовать нормам и определяться методами, приведенными в табл. 1 [15].

Таблица 1

Физико-химические и микробиологические показатели молока

Показатели	Значение	Методы определения
Массовая доля жира (не менее), %	2,8	ГОСТ 5867 или ГОСТ 22760
Массовая доля белка (не менее), %	2,8	ГОСТ 25179 или ГОСТ 23327
Кислотность, °Т	От 16,0 до 21,0 включительно	ГОСТ 3624
Массовая доля сухих обезжиренных веществ молока (СОМО) (не менее), %	8,2	ГОСТ 3626
Группа чистоты (не ниже)	II	ГОСТ 8218
Плотность (не менее), кг/м ³	1027,0	ГОСТ Р 54758
Температура замерзания (не выше), °С	минус 0,520	ГОСТ 25101, ГОСТ 30562
Содержание соматических клеток в 1 см ³ (не более)	4,0×10 ⁵	ГОСТ 23453
КМАФАнМ* (не более), КОЕ**/см ³	1,0×10 ⁵	ГОСТ 32901

* Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов.

** Колониеобразующие единицы.

Физико-химические показатели питьевого молока зависят от содержания массовой доли жира (табл. 2) [19].

Таблица 2

Физико-химические показатели питьевого молока

Показатели	Значение показателя для продукта с массовой долей жира (не менее), %				
	обезжиренного, менее 0,5	0,5-1,0	1,2-2,5	2,7-4,5	4,7-9,5
Плотность (не менее), кг/м ³	1030	1029	1028	1027	1024
Группа чистоты (не ниже)	I				

Наличие фосфатазы или пероксидазы (для пастеризованного, топленого и ультрапастеризованного продукта без асептического розлива) не допускается.

Температура продукта при выпуске с предприятия пастеризованного и топленого, ультрапастеризованного (без асептического розлива) – $4\pm 2^{\circ}\text{C}$, ультрапастеризованного (с асептическим розливом) и стерилизованного – от 2 до 25°C включительно.

Молоко, предназначенное для производства продуктов детского питания, диетического питания, стерилизованных, сгущенных продуктов, сыров должно соответствовать требованиям, установленным нормативными правовыми актами, действующими на территории государств, принявших стандарт ГОСТ 31449-2013 Молоко коровье сырое. ТУ. В молоке не допускаются остатки ингибирующих веществ, в том числе моющих, дезинфицирующих и нейтрализующих веществ.

Допустимые уровни содержания потенциально опасных веществ (токсичные элементы, микотоксины, антибиотики, пестициды, радионуклиды), патогенных микроорганизмов, в том числе сальмонелл, в молоке должны соответствовать требованиям, установленным нормативными правовыми актами, действующими на территории государств, принявших стандарт.

Уровни содержания в молочной продукции, предназначенной для выпуска в обращение на таможенной территории Таможенного союза, токсичных элементов, потенциально опасных веществ, микотоксинов, антибиотиков, пестицидов, радионуклидов не должны превышать уровней, установленных в приложениях к техническому регламенту Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011) и в приложении к техническому регламенту Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции» [21-23].

Допустимые уровни содержания потенциально опасных веществ в молоке и молочной продукции приведены в табл. 3.

Таблица 3

Допустимые уровни содержания потенциально опасных веществ в молоке и молочной продукции

Потенциально опасные вещества	Допустимые уровни (не более), мг/кг (л)
1	2
<i>Антибиотики</i>	
Левомецетин (хлорамфеникол)	Не допускается (менее 0,01)
Тетрациклиновая группа	Не допускается (менее 0,01)

1	2
Стрептомицин	Не допускается (менее 0,2)
Пенициллин	Не допускается (менее 0,004)
<i>Токсичные элементы</i>	
Свинец	0,1
<i>Пестициды</i>	
Гексахлорциклогексан (альфа-, бета-, гамма-изомеры)	0,05
ДДД и его метаболиты	0,05
<i>Радионуклиды</i>	
Цезий-137, Бк/кг (л)	100
Стронций-90, Бк/кг (л)	25

Допустимые уровни содержания микроорганизмов и соматических клеток в сыром молоке, сыром обезжиренном молоке и сырых сливках представлены в табл. 4 [23].

Таблица 4

**Допустимые уровни содержания микроорганизмов
и соматических клеток в молочной продукции**

Продукт	КМАФАнМ* (не более), КОЕ**/см ³ (г)	Объем (масса) продукта, в котором не допуска- ются патогенные микро- организмы, в том числе сальмонеллы, см ³ (г)	Содержание соматиче- ских клеток в 1 см ³ (г) (не более)
Сырое молоко	5×10^5	25	$7,5 \times 10^5$
Сырое обезжиренное молоко	5×10^5	25	-
Сырые сливки	5×10^5	25	-
Сырое молоко для про- изводства:			
детского питания	3×10^5	25	5×10^5
сыров и стерилизо- ванного молока	5×10^5	25	5×10^5

* КМАФАнМ – количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов.

** КОЕ – колониобразующие единицы.

Безопасность сырого молока в микробиологическом отношении, а также по содержанию посторонних загрязнителей определяется его соответствием гигиеническим нормам, установленным Сан-ПиН 2.3.2.1078-01. Поэтому сельхозпроизводитель должен обеспечивать безопасность сырого молока, что гарантирует отсутствие в нем остаточных количеств ингибирующих, моющих, дезинфицирующих и нейтрализующих веществ, гормональных препаратов, лекарственных средств (в том числе антибиотиков), применяемых в животноводстве в целях лечения молочного скота или профилактики его заболеваний.

Решение об использовании сырого молока, не соответствующего требованиям безопасности к допустимым уровням содержания потенциально опасных веществ, микроорганизмов и соматических клеток, принимает изготовитель в соответствии с требованиями законодательства Российской Федерации о ветеринарии, законодательства Российской Федерации в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения и законодательства в области экологической безопасности [24-25].

В настоящее время наиболее распространены следующие методы идентификации пищевой продукции, в том числе молока и молочных продуктов [26]:

- **по наименованию** – путем сравнения наименования и назначения пищевой продукции, указанных в маркировке на потребительской упаковке и (или) в товаросопроводительной документации, с наименованием, указанным в определении вида пищевой продукции в техническом регламенте;
- **визуальный** – путем сравнения внешнего вида пищевой продукции с признаками, изложенными в определении такой пищевой продукции в техническом регламенте;
- **органолептический** – путем сравнения органолептических показателей пищевой продукции с признаками, изложенными в определении такой пищевой продукции в техническом регламенте. Он применяется в случае, если пищевую продукцию невозможно идентифицировать по наименованию и визуальным методом;

- **аналитический** – путем проверки соответствия физико-химических и (или) микробиологических показателей пищевой продукции признакам, изложенным в определении такой пищевой продукции в техническом регламенте. Он применяется, если пищевую продукцию невозможно идентифицировать по наименованию, визуальным или органолептическим методами.

По органолептическим характеристикам питьевое молоко должно соответствовать требованиям табл. 5 [16].

Таблица 5

Органолептические характеристики питьевого молока

Показатели	Характеристика
Внешний вид	Непрозрачная жидкость. Для продуктов с массовой долей жира более 4,7% допускается незначительный его отстой, исчезающий при перемешивании
Консистенция	Жидкая, однородная нетягучая, слегка вязкая без хлопьев белка и сбившихся комочков жира
Вкус и запах	Характерные для молока, без посторонних привкусов и запахов, с легким привкусом кипячения. Для топленого и стерилизованного молока – выраженный привкус кипячения. Допускается сладковатый привкус
Цвет	Белый, допускается с синеватым оттенком для обезжиренного молока, со светло-кремовым – для стерилизованного, с кремовым оттенком – для топленого

Конечный результат идентификации – подтверждение соответствия товара требованиям, регламентируемым нормативными документами, ГОСТами, ТУ, вследствие чего устанавливается подлинность товара, или выявление несоответствия (отрицательный результат, констатируется фальсификация товара).

Исследования показывают, что для получения продукта гарантированного качества необходимо устанавливать дополнительные требования к молоку-сырью для исключения его фальсификации, модифицировать методическую базу и совершенствовать процесс производственного контроля, а для обеспечения входного контроля и исключения фальсификации требуется нормирование дополнительных показателей качества и идентификационных характеристик в стандартах и законодательно-правовых актах [20, 27].

Для более детальной оценки молока-сырья предлагается определять не только нормируемые законодательством показатели, но и идентификационные характеристики, включающие в себя белковый, жировой и солевой состав. К таким идентификационным характеристикам молока-сырья, позволяющим выявлять фальсификацию и контролировать его состав, предлагается отнести содержание свободных жирных кислот, белковый состав (доля общего белка, содержание небелкового азота, мочевины и др.), минеральный состав (кальций, фосфор, фосфаты и др.), процент добавленной воды.

Для отдельных подгрупп, видов и подвидов молочных товаров массовая доля жира является основополагающим показателем. Так, в зависимости от массовой доли жира пастеризованное молоко и кисломолочные напитки делятся на подвиды: обезжиренные (0,1%), нежирные (0,3-1,0%), маложирные (1,2-2,5%), классические (2,7-4,5%), жирные (4,7-7,0%) и высокожирные (7,2-9,5%). Масло сливочное также выпускают нескольких подвидов (82,5; 72,0; 62,5%), отличающихся жирностью, т.е. массовая доля жира является одним из существенных признаков ассортиментной принадлежности молочных продуктов к определенной подгруппе или виду.

Например, если молочный продукт содержит 62,5% жира и более, он может быть отнесен к сливочному маслу, а если 40-60%, то его необходимо идентифицировать как масляную пасту. Такой показатель, как массовая доля жира применяется при ассортиментной идентификации молочных товаров для установления подгрупп и видов. При этом для каждой подгруппы характерны свои интервалы значений массовой доли жира (табл. 6) [18].

Таблица 6

Массовая доля жира в разных подгруппах молочных товаров

Подгруппа	Массовая доля жира, %	Подгруппа	Массовая доля жира, %
1	2	3	4
Молоко	0,1-9,5	Мороженое	0-20,0
Сливки	10,0-58,0	Масло сливочное	62,0-82,5
Кисломолочные напитки	0,1-9,5	Масло топленое	99,0
		Масляная паста	40,0-56,0

1	2	3	4
Сметана	15,0-40,0	Сыры:	9,0-32,0
Творог	0,6-40,0	твердые	15,0-32,0
Сухое молоко	1,0-45,0	мягкие	20,0-25,0
Сгущенное молоко и сливки	0,5-20,0	рассольные	20,0-25,0
		плавленые	18,0-23,0

К важным показателям квалиметрической идентификации молочных товаров можно отнести относительную плотность и криоскопическую температуру (КТ) молока. Относительная плотность молока позволяет выявить разбавление обезжиренным молоком, а также поднятие жира. При этом плотность молока увеличивается до $1,034 \text{ г/см}^3$, а массовая доля сухих веществ, жира и пищевая ценность снижаются. При разбавлении молока водой снижается и плотность. Так, при добавлении 10% воды от общего объема молока плотность уменьшается до $1,024 \text{ г/см}^3$.

Криоскопическая температура (КТ) молока – начальная температура замерзания, при которой вода и лед находятся в равновесном состоянии. Этот показатель широко используется за рубежом для определения разбавления молока водой. Значения показателя для неразбавленного водой молока находятся и пределах от $-0,55$ до $-0,56^\circ\text{C}$. При разбавлении молока водой криоскопическая температура возрастает, приближаясь к 0°C , т.е. к температуре замерзания воды. Изменение показателя в зависимости от объема добавленной воды представлено в табл. 7.

Таблица 7

Изменение КТ молока при разбавлении его водой

КТ молока, °С	Количество добавленной воды, %	КТ молока, °С	Количество добавленной воды, %
-0,55	0,00	-0,48	12,73
-0,54	1,82	-0,46	16,36
-0,52	5,45	-0,44	20,00
-0,50	9,09	-0,42	23,63

Для совершенствования методов идентификации необходимы разработка новых и корректировка уже существующих измерительных методов. Группа органолептических методов зависит от человеческого фактора, а измерительные методы основаны на применении технических средств измерения и позволяют более достоверно определить качество и безопасность сельскохозяйственной и пищевой продукции.

В соответствии с решением о принятии ТР ТС «О безопасности молока и молочной продукции» допускается использование ГОСТ Р или межгосударственных стандартов в качестве доказательной базы для подтверждения соответствия молока и молочной продукции.

С целью обеспечения качества молока и молочной продукции на предприятиях внедряются системы управления качеством. Для производителей молока наиболее эффективной системой управления качеством продукции является система ХАССП (НАССР) (от англ. Hazed Analysis and Critical Control Point). Это предупредительный метод, который используется в пищевой промышленности как гарантия качества производимых продуктов питания.

Концепция ХАССП относительно простая, однако ее внедрение и применение требуют изменения отношения персонала к своей работе, т.е. изменения культуры организации. Данный метод определяет системный подход к процессу производства, выявляет возможные факторы риска химического, физического и биологического происхождения, обеспечивает их анализ и контроль. К основным принципам относятся:

- разработка системы мониторинга, позволяющая контролировать критические контрольные точки на основе планируемых мер или наблюдений;
- создание корректирующих действий и применение их в случае отрицательных результатов мониторинга;
- формирование процедур проверки, которые должны регулярно проводиться для обеспечения эффективности функционирования системы ХАССП;
- документирование всех процедур системы, форм и спосо-

бов регистрации данных, относящихся к системе ХАССП и др. [28, 29].

С 15 февраля 2015 г. все предприятия пищевой промышленности обязаны внедрить и реализовать в производственной деятельности принципы ХАССП, а это значит, что все технологические процессы должны быть основаны на принципах этой системы, начиная от получения сырья и заканчивая предоставлением продукции конечному покупателю. Это особенно актуально для молокоперерабатывающих предприятий в связи с некоторыми особенностями молочного сырья. Во-первых, молоко является продуктом животного происхождения. Во-вторых, его хранение и способы изготовления молочной продукции имеют свою специфику, отличную от других видов пищевых продуктов.

В настоящее время более совершенной модели менеджмента качества и безопасности пищевых продуктов, чем ХАССП, нет. Это не просто стандарт, а система, которая разрабатывается каждой компанией самостоятельно в соответствии с особенностями ее производства, может гибко меняться и приспосабливаться. Система ХАССП применяется практически во всех развитых странах мира как надежная защита потребителей [4].

Методические рекомендации МР 5.1.0096-14 содержат алгоритм оценки процессов производства пищевой продукции и степени риска выпуска опасной продукции пищевыми предприятиями для проверки на основе принципов ХАССП, а ГОСТ Р 51705.1-2001 дает «дорожную карту» для установления контрольных критических точек [30].

По данным исследований ВНИМИ, разработан расширенный перечень показателей молока-сырья, необходимых для осуществления контроля качества и безопасности, а также идентификационных признаков продукта для целей выявления фальсификации с учетом требований законодательной базы, приоритетов предприятия и применяемой системы контроля (ХАССП и др.), представленный в табл. 8 [17].

**Расширенный перечень показателей молока-сырья,
необходимых для осуществления контроля качества и безопасности**

Показатели	Диапазон значений	Периодичность контроля	Критические точки
1	2	3	4
Массовая доля жира, %	2,2-6	Ежедневно	Не является контрольной точкой
Массовая доля белка, %	2,4-3,6		Обязательное измерение, определение стоимости молока
В том числе: сывороточных белков	0,4-0,74	Один раз в месяц	Для отдельных групп продуктов обязательное измерение и для учета норм
казеиновых белков	2,2-3,4		Только при условии плохого выхода продукции
Содержание небелкового азота, %	0,02-0,15		Обязательное определение для оценки каждого поставщика
Содержание мочевины, мг%	9-30	Один раз в 10 дней	Обязательное согласно требованиям ТР ТС 033/2013
Массовая доля сухих веществ, %	10,2-16		
Массовая доля СОМО, %	Не менее 8,2	Ежедневно	Не является контрольной точкой
Плотность, кг/м ³	Не ниже 1027		
Массовая доля лактозы, %	4-5,3	Один раз в 3 месяца	Не является контрольной точкой
Температура замерзания, °С	-0,52	Ежедневно	Обязательное измерение, определение стоимости
Кислотность, °Т	Не ниже 16, не выше 21		Обязательное измерение, так как низкие значения свидетельствуют о фальсификации

1	2	3	4
Величина рН	6,4-6,8	При подозрении на раскисление молока и отсутствии других методов оценки	Не является контрольной точкой
Содержание соматических клеток, тыс/см ³	Не более 5×10 ⁵	Ежедневно	Обязательное измерение, повышенное количество значительно ухудшает состав молока
Нейтрализующие вещества (сода, аммиак, перекись)	Не допускаются		Обязательное измерение для отдельных групп продуктов
Ингибирующие вещества	Не допускаются	При подозрении на фальсификацию	
Антибиотики	Не допускается (менее 0,01 ед/г)	Ежедневно	Согласно требованиям ТР ТС 033/2013
Бактериальная обсемененность, КОЕ/г	Не более 5,0×10 ⁵	Не реже одного раза в 10 дней	
Органолептические показатели	Вкус и запах, цвет, консистенция	Ежедневно	Обязательное согласно требованиям ТР ТС 033/2013
Чистота (группа)	Не ниже II		Не является контрольной точкой
Наличие фосфатазы	Не допускается	При подозрении на термообработку	
Минеральные вещества, %	0,7-0,8	При мониторинге молока-сырья	
Содержание Са, мг/100 г	100-150	При низком выходе продукции и подозрении на фальсификацию	
Содержание Р, мг/100 г	77-110		

Таким образом, к основным показателям качества молока и молочной продукции можно отнести: массовые доли белка, жира, СОМО, кислотность, плотность, группу чистоты, температуру заморзания, органолептические показатели; к показателям безопасности – микробиологические показатели (общая бактериальная обсемененность), содержание соматических клеток, нейтрализующие, консервирующие и ингибирующие вещества, содержание антибиотиков, пестицидов, радионуклидов, тяжелых металлов.

К идентификационным признакам молока-сырья относятся: массовая доля жира, в том числе липидный состав; массовая доля белка, в том числе состав белка; содержание истинного белка (путем вычисления); содержание небелкового азота; массовая доля СОМО; содержание мочевины; температура заморзания.

Полный перечень стандартов, методик выполнения измерений, МУК, МУ, МР, содержащих правила и методы исследований (испытаний) и измерений, в том числе правила отбора образцов, необходимые для применения и исполнения требований технического регламента Таможенного союза и осуществления оценки (подтверждения) соответствия продукции техническому регламенту «О безопасности молока и молочной продукции» (ТР ТС 033/2013) [31].

Методики выполнения измерений, установленные в МУК, МУ, МР, могут быть использованы в случае отсутствия соответствующего стандарта (межгосударственного или национального) или для осуществления производственного контроля качества продукции на предприятии.

2.2. Мясо и мясная продукция

Государственный надзор и контроль в области обеспечения качества и безопасности пищевых продуктов, в том числе мяса и мясной продукции, осуществляют органы Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор), Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору (Россельхознадзор), Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт), а

также соответствующие службы на территории государств-участников ТС.

В настоящее время обязательное подтверждение проводится на соответствие обязательным требованиям безопасности, которые содержатся в государственных стандартах, санитарных правилах и нормах, других нормативных документах.

В целях защиты жизни и здоровья человека, окружающей среды, жизни и здоровья животных, предупреждения действий, вводящих в заблуждение потребителей продуктов убоя и мясной продукции относительно их назначения и безопасности, разработан Технический регламент Таможенного союза «О безопасности мяса и мясной продукции» (ТР ТС 034/2013), который распространяется на продукты убоя и мясную продукцию, выпускаемые в обращение на таможенной территории Таможенного союза, а также процессы их производства, хранения, перевозки, реализации и утилизации. Объектами технического регулирования этого регламента являются продукты убоя и мясная продукция: мясо; субпродукты; жир-сырец и продукты его переработки, в том числе животные топленые жиры; мясные и мясосодержащие продукты из мяса и др. [32].

Регламент устанавливает около 100 понятий и определений относящихся к сфере применения регламента. Вот некоторые из них.

Продукт убоя – непереработанная пищевая продукция животного происхождения, полученная в результате убоя в промышленных условиях продуктивных животных и используемая для дальнейшей переработки (обработки) и (или) реализации, включающая в себя мясо, субпродукты, жир-сырец, кровь, кость, мясо механической обвалки (дообвалки), коллагенсодержащее и кишечное сырье.

Мясо – продукт убоя в виде туши или части туши, представляющий совокупность мышечной, жировой, соединительной тканей, с включением костной ткани или без нее и др.

Мясная продукция – пищевая продукция, изготовленная путем переработки (обработки) продуктов убоя, без использования или с использованием ингредиентов животного и (или) растительного, и (или) минерального, и (или) микробиологического, и (или) искусственного происхождения.

Мясной продукт – мясная продукция, которая изготовлена с использованием или без использования немясных ингредиентов, мясовая доля мясных ингредиентов которой составляет более 60%.

Оценка (подтверждение) соответствия продуктов убоя и мясной продукции должна соответствовать требованиям технических регламентов Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011) и «О безопасности мяса и мясной продукции» (ТР ТС 034/2013).

Проведение ветеринарно-санитарной экспертизы продуктов убоя (в том числе продуктов убоя для детского питания) и оформление ее результатов осуществляется в соответствии с техническим регламентом Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011) в части ветеринарно-санитарной экспертизы.

Мясная продукция (кроме мясной продукции для детского питания и мясной продукции нового вида) перед выпуском в обращение на таможенную территорию Таможенного союза подлежит декларированию соответствия в установленном порядке.

Подтверждение соответствия мясной продукции требованиям технических регламентов Таможенного союза, действие которых на нее распространяется, осуществляется путем принятия заявителем декларации о соответствии на основании собственных доказательств и доказательств, полученных путем испытания образцов мясной продукции в аккредитованной испытательной лаборатории, включенной в Единый реестр органов по сертификации и испытательных лабораторий (центров) Таможенного союза.

Целью микробиологического контроля – определение соответствия качества продукта микробиологическим показателям, установленным для данного продукта. Микробиологические показатели, характеризующие безопасность продукта и право на его использование и приведенные в нормативной и технологической документации на конкретный продукт, являются обязательными критериями оценки качества продукта при санитарно-микробиологическом контроле.

Порядок проведения санитарно-микробиологического контроля качества и безопасности продуктов питания и документы, определяющие микробиологические нормативы, регламентируются и контролируются государством.

Санитарно-микробиологический контроль продовольственного сырья и пищевых продуктов, производимых в стране, осуществляют органы санитарного надзора, а также производственные и ведомственные лаборатории, которые имеют на это разрешение санитарной службы государства. Контроль безопасности продуктов питания осуществляется на всех этапах обращения продуктов питания: при переработке продовольственного сырья, производстве пищевых продуктов, а при необходимости – и на этапах движения к потребителю.

Особого внимания требует продукция, ввозимая на территорию государства из-за границы. Её безопасность, в том числе микробиологическая, устанавливается на основе гигиенической экспертизы и оценки её соответствия требованиям государственных санитарных правил, а также требованиям безопасности, предусмотренным для такой продукции в государстве-производителе. Утвержденный Роспотребнадзором сертификат, который определяет показатели безопасности импортируемой продукции, должны иметь все организации, осуществляющие закупку и поставку этих продуктов питания.

Нормативы безопасности пищевых продуктов по микробиологическим показателям предусматривают контроль за четырьмя группами микроорганизмов [33]:

- санитарно-показательные, к которым относят мезофильные аэробные и факультативно-анаэробные микроорганизмы (МАФАМ) и бактерии группы кишечных палочек (БГКП), в том числе *E. coli*;
- потенциально патогенные микроорганизмы, в группу которых входят *Staph. aureus*, бактерии рода *Proteus*, *Bac. cereus* и сульфитредуцирующие клостридии;
- патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы;
- микроорганизмы порчи, к которым относятся плесневые грибы и дрожжи.

Регламентация по микробиологическим показателям безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов осуществляется двумя способами: прямым подсчетом микробов или альтернативным методом.

Так, для определения микробного загрязнения одними микроорганизмами норматив указывает на количество колониеобразующих единиц в 1 г (мл) продукта (КОЕ/г, мл). Так определяют общее со-

держание микроорганизмов (МАФАМ) в продукте независимо от их видовой принадлежности, а также содержание микроорганизмов порчи – дрожжей и плесени. Для большинства продуктов регламент общего микробного загрязнения устанавливается в пределах КОЕ/г (мл) 10^3 - 10^5 , что соответствует эпидемиологической безопасности продукта и его стабильности при хранении.

Следует иметь в виду, что по наиболее распространенному способу регламентирования микробиологической безопасности учитываются микробы определенной группы (семья или род) бактерий. Как правило, масса продукта, в которой не допускается наличие определенных микроорганизмов, составляет 1,0-0,01 г (мл) продукта. Исключения составляют патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы, которые не допускаются в 25 г, а в некоторых продуктах – в 50 г, что указывает на их практически полное отсутствие в исследуемой среде.

Необходимо отметить, что исследование на наличие сальмонелл является обязательным во всех случаях санитарно-микробиологического контроля продовольственного сырья и пищевых продуктов. Проведению анализа на наличие сальмонелл подлежат даже те продукты, в нормативно-технической документации которых отсутствуют микробиологические регламенты безопасности.

Микробиологические нормативы пищевых продуктов разрабатываются специалистами на основе комплексных многоплановых исследований, которые включают в себя изучение свойств возбудителей и распространение пищевых заболеваний микробного происхождения, оценку обезвреживающей эффективности технологической обработки продуктов, анализ их рецептуры и назначения. В зависимости от этих условий перечень микробиологических показателей качества и их регламенты в пределах указанных выше четырех групп микроорганизмов устанавливаются отдельно для различных продуктов питания.

Соответствие пищевой продукции техническому регламенту ТР ТС 021/2011 обеспечивается выполнением его требований безопасности и выполнением требований безопасности технических регламентов Таможенного союза на отдельные виды пищевой продукции (табл. 9-10).

**Микробиологические нормативы безопасности мяса
и мясной продукции (выборка)**

Показатели	Группа продуктов	Масса образца, г
Патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы	Мясо и мясная продукция, субпродукты	25
<i>Listeria monocytogenes</i>		
<i>Допустимые уровни</i>		
Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (не более), КОЕ/г (см ³)	Парное мясо (всех видов животных)	10
	Подмороженное, охлажденное мясо (всех видов животных), колбасные изделия вареные	1×10 ³
	Замороженное мясо	1×10 ⁴
Бактерии группы кишечных палочек (колиформы), не допускаются в массе продукта, г/см ³	Парное мясо (всех видов животных), колбасные изделия	1,0
	Подмороженное, охлажденное мясо (всех видов животных), колбасы сырокопченые и сыровяленые	0,1
<i>E. coli</i> , не допускается в массе продукта, г/см ³	Колбасы и продукты из мяса и птицы сырокопченые и сыровяленые	1,0
<i>S. aureus</i> , не допускается в массе продукта, г/см ³	Колбасы вареные, запеченные, варено-копченые, сырокопченые, сыровяленые	1,0
Бактерии рода <i>Proteus</i> не допускаются в массе продукта, г	Мясо охлажденное (всех видов животных) со сроком годности более 7 суток	1,0
Сульфидирующие клостридии, не допускаются в массе продукта, г/см ³	Колбасы и продукты из мяса сырокопченые и сыровяленые, колбасные изделия полукопченые, варено-копченые и др.	0,01

Гигиенические требования к мясу и мясопродуктам

Показатели	Допустимые уровни (не более), мг/кг	Примечание
1	2	3
<i>Токсичные элементы</i>		
Свинец	0,5	Мясо, мясные и мясосодержащие продукты, мясо птицы и продукты из него, консервы мясные, мясорастительные, птичьи; яичный белок (альбумин) сухой
	0,6	Субпродукты убойных животных, шкурка свиная, кровь пищевая и продукты из них, консервы из субпродуктов (в том числе паштетные)
	1,0	Почки; продукты мясные с использованием почек; консервы: мясные, из мяса птицы, субпродуктов (в том числе паштетные), мясорастительные (в сборной жестяной таре)
Мышьяк	0,1	Мясо, мясные и мясосодержащие продукты, мясо птицы, продукты из него, консервы мясные, мясорастительные, птичьи; яйца и жидкие яичные продукты (меланж, белок, желток)
	1,0	Субпродукты убойных животных, шкурка свиная, кровь пищевая и продукты из них, консервы птичьи паштетные, консервы из субпродуктов (в том числе паштетные)
Кадмий	0,05	Мясо, мясные и мясосодержащие продукты, мясо птицы, продукты из него, консервы мясные, мясорастительные, птичьи; яичный белок (альбумин) сухой
	0,1	Консервы мясные, из мяса птицы, мясорастительные в сборной жестяной таре; яичные продукты сухие
	0,3	Субпродукты убойных животных, шкурка свиная, кровь пищевая и продукты из них, консервы из субпродуктов (в том числе паштетные), консервы мясорастительные
	0,6	Консервы из субпродуктов с добавлением почек (в том числе паштетные)
	1,0	Почки; продукты мясные с использованием почек

1	2	3
Ртуть	0,03	Мясо, мясные и мясосодержащие продукты, мясо птицы и продукты из него, консервы мясные, мясорастительные, птичьи; яичный белок (альбумин) сухой
	0,1	Субпродукты убойных животных, шкурка свиная, кровь пищевая и продукты из них, консервы из субпродуктов (в том числе паштетные); яичные продукты сухие
	0,2	Почки; продукты мясные с использованием почек; консервы из субпродуктов с добавлением почек (в том числе паштетные)
Олово	200,0	Консервы мясные, из мяса птицы, субпродуктов, мясорастительные в сборной жестяной таре
Хром	0,5	Консервы мясные, из мяса птицы, субпродуктов, мясорастительные в хромированной таре
<i>Пестициды</i>		
ГХЦГ (а, р, у-изомеры)	0,1	Мясо, мясные и мясосодержащие продукты, мясо птицы; субпродукты убойных животных и птицы; яйца, яичные продукты; шкурка свиная, кровь пищевая и продукты из них; консервы мясные, из субпродуктов, мясорастительные
ДДТ и его метаболиты	0,1	Мясо, мясные и мясосодержащие продукты, мясо птицы; субпродукты убойных животных и птицы; яйца, яичные продукты; шкурка свиная, кровь пищевая и продукты из них; консервы мясные, из субпродуктов, мясорастительные
Бенз(а)пирен	0,001	Копченые мясные, мясосодержащие и птичьи продукты
Нитраты	200,0	Консервы мясорастительные с овощами, птичьи мясорастительные
Нитрозоамины (НДМА и НДЭА)	0,002	Консервы мясные, из мяса птицы с добавлением нитрита натрия, из субпродуктов (в том числе паштетные)
	0,004	Копченые мясные, мясосодержащие и птичьи продукты

1	2	3
Диоксины	0,000003 (в пересчете на жир)	Консервы мясные (говядина, баранина и продукты из них); яйца куриные и продукты из них
	0,000001 (в пересчете на жир)	Консервы мясные (свинина и продукты из нее)
	0,000006 (в пересчете на жир)	Печень и продукты из нее; консервы из печени
	0,000002	Домашняя птица и продукты из нее

Непереработанная пищевая продукция животного происхождения подлежит ветеринарно-санитарной экспертизе перед выпуском в обращение на таможенную территорию Таможенного союза, если иное не установлено техническим регламентом Таможенного союза и сопровождается документом, содержащим сведения, подтверждающие безопасность.

Переработанная пищевая продукция животного происхождения не подлежит ветеринарно-санитарной экспертизе. В форме ветеринарно-санитарной экспертизы может проводиться оценка соответствия пищевой продукции непромышленного изготовления животного происхождения требованиям, установленным техническим регламентом ТР ТС 021/2011 и иными техническими регламентами Таможенного союза на отдельные виды пищевой продукции.

Ветеринарно-санитарная экспертиза непереработанной пищевой продукции животного происхождения проводится в целях:

- установления соответствия пищевой продукции и связанных с требованиями безопасности к ней процессов производства (изготовления), хранения, перевозки, реализации и утилизации требованиям настоящего технического регламента и технических регламентов Таможенного союза на отдельные виды пищевой продукции;

- установления благополучия в ветеринарном отношении хозяйств (производственных объектов) происхождения животных.

Проведение ветеринарно-санитарной экспертизы и оформление ее результатов осуществляются в соответствии с законодатель-

ством государства-члена Таможенного союза, а также Соглашением Таможенного союза по ветеринарно-санитарным мерам.

Полный перечень нормативных гигиенических требований к безопасности пищевой продукции, включая молочную и мясную продукцию, содержится в [24].

Для контроля качества пищевой продукции и продукции животноводства разработаны Перечни стандартов, содержащих правила и методы исследований (испытаний) и измерений, правила отбора образцов, необходимые для применения и исполнения требований технических регламентов ТР ТС 021/2011, ТР ТС 034/2013 и осуществления оценки (подтверждения) соответствия продукции.

3. ОТБОР ПРОБ ПРИ КОНТРОЛЕ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ ПРОДУКЦИИ ЖИВОТНОВОДСТВА

Отбор и подготовка проб являются очень важными этапами в технологиях аналитического контроля качества и безопасности продукции животноводства, так как результаты даже самого точного анализа теряют всякий смысл при неправильно проведенной пробоподготовке.

Для получения достоверной и надежной информации о содержании анализируемых веществ пробоотбор должен осуществляться так, чтобы образцы продукции были «репрезентативными» (представительными), в которых содержание определяемых ингредиентов не изменяется при отборе проб, их хранении и транспортировке к месту анализа. Иными словами, отношение матрицы к анализируемым компонентам (ингредиентам) должно оставаться постоянным как в общей массе исходного материала, так и во взятой пробе. Проба, взятая для анализа, должна отражать типичные условия места и времени ее взятия. Отбор пробы, а также последующие хранение, транспортировка, пробоподготовка и аналитическая работа с ней должны проводиться так, чтобы не произошло заметных изменений в содержании определяемых компонентов [34].

Для контроля качества и безопасности продукции животноводства и проведения лабораторных исследований разработаны соответствующие методы и приемы отбора проб молока и молочной продукции, мяса, мясной и другой продукции.

3.1. Молоко и молочная продукция

Для отбора проб молока и молочной продукции с 1 января 2016 г. введены в действие в качестве национальных стандартов Российской Федерации межгосударственные стандарты ГОСТ 26809.1-2014 Молоко и молочная продукция. Правила приемки, методы отбора и подготовка проб к анализу. Часть 1. Молоко, молочные составные и

молокосодержащие продукты и ГОСТ 26809.2-2014 Молоко и молочная продукция. Правила приемки, методы отбора и подготовка проб к анализу. Часть 2. Масло из коровьего молока, спреды, сыры и сырные продукты, плавленые сыры и плавленые сырные продукты (с поправками) [35-36].

При отборе проб для анализа используются следующие основные термины.

Проба – определенное количество продукции, отобранное для анализа.

Точечная проба – проба, взятая одновременно из определенной части нештучной или штучной продукции (из цистерны, фляги, от монолита масла в ящике или брикета масла и др.).

Объединенная проба – проба, составленная из серии точечных проб, помещенных в одну емкость.

Проба для анализа – количество продукта, взятого из лабораторной пробы, которое используется для проведения анализа (испытания) или наблюдений.

Лабораторная проба – проба, отобранная для доставки в лабораторию и предназначенная для испытаний.

Внутренний контроль – контроль качества и безопасности продукции, проводимый лабораторией предприятия-изготовителя.

Внешний контроль – контроль качества и безопасности продукции, проводимый третьей стороной.

Для контроля качества молока и молочной продукции в цистернах по физико-химическим и микробиологическим показателям отбирают объединенную пробу от каждой партии продукции. Объем объединенной пробы составляет не менее 1,0 дм³. При контроле качества молока и молочной продукции в транспортной и потребительской упаковке по органолептическим и физико-химическим показателям от каждой партии продукции отбирают выборку.

Объем выборки от партии молока, сливок, молока и мороженого в транспортной упаковке составляет 5% ед. транспортной упаковки с продукцией; при наличии в партии менее 20 ед. – отбирают одну.

Из каждой единицы транспортной упаковки с продукцией, включенной в выборку, отбирают по единице потребительской упаковки с продукцией.

Объем выборки от партии сметаны, сметанных продуктов, творога, зерненого творога и творожных продуктов в транспортной упаковке составляет 10% ед. транспортной упаковки с продукцией. При наличии в партии менее 10 ед. – отбирают одну.

Из каждой единицы транспортной упаковки с продукцией, включенной в выборку, отбирают две единицы потребительской упаковки с продукцией, если продукция массой до 250 г, и одну единицу, если продукция массой 250 г и более.

ГОСТ 26809.1-2014 определяет также объемы выборок для анализа качества творожных тортов и тортов из мороженого, сгущенных молочных консервов и сухих молочных продуктов и другой продукции, установлены требования к маркировке, транспортировке, хранению и подготовке проб молока и молочной продукции к физико-химическому анализу.

ГОСТ 26809.2-2014 устанавливает правила приемки, методы отбора и подготовки проб к анализу при контроле физико-химических показателей, определяющих качество масла (топленое и сливочное, кроме сухого) и масляной пасты из коровьего молока, молочного жира, сливочно-растительных спредов и топленых смесей, сыров, сырных масс и других сырных продуктов.

Такую продукцию принимают партиями, под которыми понимается совокупность единиц продукта однородного по составу и качеству, имеющего одно и то же наименование, находящегося в однородной упаковке, произведенного одним и тем же изготовителем в соответствии с одним и тем же техническим документом на однотипном технологическом оборудовании в течение одного технологического цикла по единому производственному режиму, имеющего одну и ту же дату производства, сопровождаемого товаросопроводительной документацией, обеспечивающей его прослеживаемость.

Для контроля качества партии продукта выборку составляют случайным образом.

Объем выборки продукта, упакованного в потребительскую упаковку, при объеме партии до 25 ед. транспортной упаковки, составляет один ящик, при объеме партии более 25 ед. – 5% транспортной упаковки. Из каждой включенной в выборку единицы транспортной

упаковки с продуктом, упакованным в потребительскую упаковку, отбирают необходимое количество единиц потребительской упаковки, массой нетто не менее массы объединенной пробы.

Для дальнейшего контроля из каждой включенной в выборку единицы транспортной упаковки отбирают одну головку, один блок, один батон продукта или необходимое количество единиц потребительской упаковки массой нетто не менее массы объединенной пробы.

Пробы из упаковок для микробиологических, физико-химических и органолептических анализов отбирают отдельно.

Для контроля физико-химических показателей масла и масляной пасты из коровьего молока, молочного жира, сливочно-растительных спредов и топленых смесей продукции отбирают пробы точечные, объединенные, лабораторные и пробы для анализа. При определении физико-химических показателей каждой однородной партии для испытаний используют объединенную пробу, составленную из точечных проб продукта, упакованного в транспортную или потребительскую упаковку. При составлении объединенной пробы число точечных проб от каждой единицы упаковки, включенной в выборку, должно быть одинаковым. Масса объединенной пробы, составленной из отобранных точечных проб, – $1,2 \pm 0,2$ кг.

При внутреннем контроле масса объединенной пробы – не менее 250 г, которая полностью используется для подготовки лабораторной пробы. При внешнем контроле отобранную объединенную пробу массой $1,2 \pm 0,2$ кг делят на две равные части: первую используют для подготовки лабораторной пробы и проведения анализов, вторую – как контрольную в случае возникновения разногласий при получении неудовлетворительных результатов анализов хотя бы по одному из физико-химических показателей.

Порядок и объем отбора точечных проб для анализа качества различных сыров и сырных продуктов, а также объединенных проб для внутреннего и внешнего контроля качества продукции изложен в [36].

Процедуры отбора проб, описан в стандарте ГОСТ Р ИСО 707-2010 Молоко и молочные продукты. Руководство по отбору проб, являются рекомендуемыми нормами, которых следует придержи-

живаться в практической деятельности. В этом документе даны рекомендации по отбору проб достаточно полного перечня молочной продукции, включая консервы молочные, молочные продукты для детского питания, сыры, йогурты и др. [37].

При измерении конкретных показателей качества и безопасности продукции животноводства должны быть выполнены особые требования к отбору и подготовке проб к анализу, определенные соответствующими документами и/или возникающие при испытаниях и контроле показателей качества продукции определенного вида.

Особенно важно проводить отбор проб для микробиологических и химических испытаний продукции животноводства, так как развитие микрофлоры и физико-химические процессы могут повлиять на результаты измерения в целом.

3.2. Мясо и мясная продукция

Технический регламент Таможенного союза «О безопасности мяса и мясной продукции» (ТР ТС 034/2013) устанавливает обязательные для применения и исполнения на таможенной территории Таможенного союза требования безопасности к продуктам убоя и мясной продукции и связанные с ними требования к процессам производства, хранения, перевозки, реализации и утилизации, а также к маркировке и упаковке продуктов убоя и мясной продукции для обеспечения свободного перемещения продукции, выпускаемой в обращение на таможенной территории Таможенного союза.

При этом идентификация продуктов убоя и мясной продукции осуществляется заявителем, органами государственного контроля (надзора), органами, осуществляющими таможенный контроль, органами по оценке (подтверждению) соответствия, а также другими заинтересованными лицами без проведения исследований (испытаний) путем сравнения наименований продуктов убоя и мясной продукции, указанных в составе маркировки или в товаросопроводительной документации, с предусмотренными техническим регламентом наименованиями продуктов убоя и мясной продукции. Сравняются также внешний вид и органолептические показатели мясной продукции с

признаками, определенными стандартами, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований технического регламента ТР ТС 034/2013.

В случае если продукты убоя и мясную продукцию невозможно идентифицировать на основании информации, указанной в составе маркировки и товаросопроводительной документации, визуальными органолептическими методами, идентификацию проводят аналитическим методом – путем проверки соответствия физико-химических показателей продуктов убоя и мясной продукции показателям, установленным в определении такой продукции в техническом регламенте ТР ТС 034/2013, а также признакам, указанным в стандартах, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований этого технического регламента.

Методы исследований (испытаний) и измерений устанавливаются в стандартах согласно перечню стандартов, содержащих правила и методы исследований (испытаний) и измерений, в том числе правила отбора образцов, необходимые для применения и исполнения требований технического регламента ТР ТС 034/2013 и осуществления оценки (подтверждения) соответствия продукции.

Оценка (подтверждение) соответствия продуктов убоя и мясной продукции и процессов их производства, хранения, перевозки, реализации и утилизации должна соответствовать требованиям технических регламентов Таможенного союза ТР ТС 034/2013 и ТР ТС 021/2011.

Продукты убоя (в том числе для детского питания) перед выпуском в обращение на таможенную территорию Таможенного союза подлежат ветеринарно-санитарной экспертизе, которая осуществляется в соответствии с техническим регламентом Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011).

Мясная продукция (кроме мясной продукции для детского питания и мясной продукции нового вида) перед выпуском в обращение на таможенную территорию Таможенного союза подлежит декларированию по одной из схем декларирования, установленных техническим регламентом ТР ТС 034/2013 по выбору заявителя [38].

Количество отбираемых проб с целью получения представительной первичной пробы поставки или партии (партий) должно соот-

ветствовать установленным в контракте или в другом соглашении между заинтересованными сторонами стандартным методам отбора проб на конкретный вид продукта. Для проведения различных типов исследований (химических, микробиологических, физических или сенсорного анализа) отбор проб осуществляется отдельно для каждого типа.

В соответствии с [39] для определения метода отбора проб мясо и мясные продукты классифицируют по типам:

А – поставка или партия мяса и мясных продуктов, выработанных в виде единичных изделий или отдельных упаковок продуктов любой массы (например колбасы, сосиски; полуфабрикаты, измельченное мясо, упакованное под вакуумом; колбаса, нарезанная ломтиками; консервы из вареного окорока) или в виде мяса в кусках, или тушек (частей тушек), не превышающих по массе 2 кг; в качестве первичной пробы берут часть или целый кусок продукта. В соответствии со стандартными методами отбора проб на конкретный вид продукта отбирают необходимое количество первичных проб из каждой партии.

Б – туши, части туши, мясо, подвергнутое посолу, вялению или другим способам консервации, в кусках, превышающих по массе 2 кг (например, отруб бекона, беконная половинка, свежий или замороженный мясной отруб, свежее или замороженное обваленное кусковое мясо, говяжья полутуша или четвертина, свиная полутуша, баранья туша, тушка птицы, оленина), и мясо, полученное методом сепарирования или обезвоженное мясо.

В соответствии со стандартными методами отбора проб на конкретный вид продукта из каждой партии отбирают необходимое количество первичных проб и упаковывают их либо для дальнейшего отбора вторичных проб для разрушающего контроля в лаборатории (например, для химического или микробиологического исследования), либо для неразрушающего контроля (например, визуальный осмотр, органолептический анализ, микробиологические исследования с использованием тампона).

Для взятия первичных или вторичных проб в зависимости от их назначения выбирается один из следующих способов:

а) единичные пробы с поверхности (например, для обнаружения бактерий группы кишечной палочки или *Salmonellae*) отбира-

ют путем обтирания всей поверхности продукта (или выбранных участков) большими влажными тампонами или (для проведения количественных микробиологических исследований) путем разметки с помощью шаблона (трафарета) участков, от которых затем проба вырезается или, в случае замороженного мяса, соскабливается с поверхности;

б) от первичной пробы массой от 500 до 1000 г, отобранной для химического или микробиологического исследования, вторичная проба отбирается со стороны поверхности свежего среза с нанесением минимальных повреждений ткани;

в) пробу мышц для микробиологического исследования (например, для определения причин порчи мяса у кости – «загара мяса») отбирают от пораженной части туши с помощью инструмента из нержавеющей стали для рассечения мышцы, из замороженного мяса – с помощью терки;

г) единичные пробы жира (например, для определения содержания жирорастворимых веществ, таких как пестициды) отбирают, по возможности, из почечного жира животных или внутреннего жира птицы;

д) единичные пробы отделяющегося сока (например, из замороженного мяса, упакованного под вакуумом) отбирают асептически с применением стерильных шприцев и/или колб и банок через фольгу или после вскрытия упаковки. Если мясо возвращают в партию, это должно быть сделано после распаковки под вакуумом.

Необходимо отметить, что современные физико-химические методы анализа в подавляющем большинстве случаев требуют предварительной подготовки образца, включающей в себя стадию очистки и/или концентрирования. Очистка образца от посторонних компонентов часто повышает качество проводимого анализа, избавляет оператора от возможных ошибок, обусловленных маскирующим влиянием примесей. Кроме того, наличие в образце примесей, концентрация которых зачастую значительно превышает концентрацию определяемого компонента, может привести не только к ошибочным результатам, но и сокращению срока службы аналитических инструментов.

К объектам таких исследований, требующих предварительной очистки, относятся биологические ткани и жидкости, продовольственное сырье и пищевые продукты, корма. Важнейшей операцией пробоподготовки является концентрирование следовых количеств определяемых компонентов. Принято считать, что компонент находится в следовых количествах, если его концентрация в другом веществе (или смеси), называемом матрицей, составляет величину порядка ppm (одна часть компонента на миллион частей матрицы, $10^{-4}\%$) или ppb (одна часть компонента на миллиард частей матрицы, $10^{-7}\%$). Однако часто возникает необходимость в определении соединений с еще более низкой концентрацией. Такие уровни содержания вещества лежат вне пределов чувствительности самых современных аналитических приборов и для их определения необходимо повышать концентрацию пробы в десятки и сотни раз.

Особенно важен следовый анализ в тех случаях, когда речь идет о соединениях с высокой токсичностью или мутагенностью. К таким веществам относятся тяжелые металлы и многие другие органические и неорганические соединения.

Для подобных исследований разработаны специальные концентрирующие патроны Диапак для подготовки проб и методики выполнения измерений с применением современных физико-химических методов анализа [40].

Методы отбора проб для анализа и специальных исследований при контроле показателей качества и безопасности мяса и мясной продукции изложены в перечне стандартов для применения и исполнения требований технического регламента Таможенного союза «О безопасности мяса и мясной продукции» (ТР ТС 034/2013) и осуществления оценки (подтверждения) соответствия продукции, а также в соответствующих методиках выполнения измерений.

4. МЕТОДЫ И ПРИБОРЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ ЖИВОТНОВОДСТВА

Нормативную-техническую и методическую базу оценки качества и безопасности продукции животноводства составляют технические регламенты Таможенного союза и Евразийского экономического союза (ЕАЭС), государственные и международные стандарты, технические условия и другая документация, определяющая требования к показателям качества и безопасности, методам оценки их соответствия этим требованиям (см. приложение).

Методики выполнения измерений, применяемые в ходе анализа и испытаний продукции, не являющиеся методиками прямых измерений и имеющие нормированные метрологические характеристики, должны быть аттестованы в соответствии с ГОСТ Р 8.563 (в случае применения испытываемой продукции в сфере обеспечения единства измерений, регулируемой государством) [41].

4.1. Ультразвуковой метод и приборы контроля качества молока и молочной продукции

В [5] подробно рассмотрены приборы для определения содержания белка в молоке, мясе, комбикормах и другой продукции, основанные на методах Кьельдаля и Дюма. Эти приборы имеют существенные недостатки: длительность определения, использование дорогостоящих реактивов, повышенная опасность для обслуживающего персонала. Ультразвуковые анализаторы молока одновременно могут без применения химических реактивов измерять содержание массовой доли жира, СОМО, плотность, белок, количество добавленной воды и температуру пробы.

Ультразвуковой метод определения показателей качества молока позволяет получить результат анализа в течение 2 мин, кроме того, точность его (0,1%) позволяет уменьшить погрешность системы определения параметров качества молока как окончательного ре-

зультата. Метод также не требует химической обработки молока и предусматривает возможность последующего использования взятого на анализ образца продукта.

Распространение ультразвуковых волн в жидких средах зависит от их физико-химического состава. В жидкостях имеет место распространение звуковой волны в направлении колебательного движения частиц.

Во всех жидкостях, кроме воды, скорость ультразвука с увеличением температуры уменьшается. В воде же при увеличении температуры на 1°C скорость звука в среднем увеличивается на $2,5$ м/с.

Скорость ультразвука измеряют в пробе молока при двух значениях температуры – 14 и 50°C . По скорости ультразвука в молоке при температуре 14°C определяется содержание СОМО. При этой температуре скорость ультразвука не зависит от содержания в молоке жира. По скорости ультразвука при температуре 50°C с учетом автоматически вводимой поправки на содержание СОМО определяется содержание жира. Предложены и другие значения температуры молока, при которых измеряются содержание жира и СОМО (соответственно 61 и $43,5^{\circ}\text{C}$). Они выше температуры плавления молочного жира. Благодаря этому уменьшается погрешность измерений содержания жира и СОМО за счет устранения помех, связанных с затвердеванием и кристаллизацией жира. Однако в этом случае несколько усложняется схема вычислительного устройства ультразвукового анализатора [42].

Измерительная аппаратура для контроля содержания жира и СОМО по скорости ультразвука должна иметь высокие метрологические характеристики. Так, определение скорости ультразвука должно проводиться с погрешностью не более $\pm 0,005\%$, а термостатирование молока – не более $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$.

Содержание жира в молоке может быть определено не только по скорости ультразвука, но и по степени поглощения ультразвуковых колебаний слоем молока.

Специфика использования ультразвуковых методов в разных условиях обусловила создание приборов, которые работают на разных физических принципах. Работа ультразвуковых приборов контроля осуществляется по следующей примерной схеме. Электрические

высокочастотные колебания или импульсы с генератора поступают на пьезоизлучатель, преобразующий их в ультразвуковые колебания, распространяющиеся в исследуемой среде в направлении к пьезоприемнику, который преобразует их снова в электрические колебания. Пройдя через усилитель, они попадают на индикатор и соответствующее регистрирующее устройство.

Скорость распространения и поглощения ультразвука может измеряться приборами относительного и абсолютного отсчета. Приборы относительного отсчета работают на основе дифференциального метода – полученная величина сравнивается с известным ее значением в эталонной среде. Приборы с использованием абсолютного отсчета работают на принципе сравнения частот самовозбуждения двух усилителей с положительной обратной связью, осуществляемой через столб анализируемой жидкости между излучателем и приемником.

В таких приборах возможна автоматическая температурная компенсация, если измеряемая и эталонная среды помещаются в одинаковые температурные условия. При этом температурные коэффициенты скорости или поглощения ультразвука для измеряемой и эталонной сред должны быть равны, что легко достигается соответствующим выбором эталонной среды. В качестве эталона берется жидкость с требуемыми параметрами для данного технологического процесса.

Приборами относительного отсчета определяется отклонение значений измеряемого параметра в исследуемой среде. Равенство скорости ультразвука в исследуемой и эталонной средах свидетельствует о правильности технологического процесса или реакции.

Приборы абсолютного отсчета удобны в лабораторной практике, так как дают абсолютное значение параметров ультразвука без какого-либо эталона. В промышленных условиях они используются при незначительном изменении температуры в контролируемом процессе или малых температурах градиентах скорости (или поглощения) ультразвука. В противном случае необходима температурная компенсация, так как скорость распространения ультразвука зависит от температуры.

В ультразвуковых приборах контроля используются два режима работы: непрерывный режим излучения и приема колебаний и им-

пульсный. В основу импульсных приборов, определяющих скорость распространения ультразвука, в большинстве случаев положен принцип измерения времени прохождения ультразвукового импульса через исследуемую среду, поэтому точность их работы мало зависит от поглощения ультразвука. В то же время при непрерывном режиме используются резонансные свойства столба жидкости между излучателем и приемником (или отражателем). Если с изменением скорости распространения ультразвука изменяется и его поглощение, то эти приборы в силу затухания ультразвука и ослабления сигнала перестают работать. Поэтому при сильных изменениях поглощения ультразвука в среде рациональнее использовать импульсные приборы.

Кроме того, необходимая точность измерения импульсными приборами обеспечивается благодаря большим расстояниям между излучателем и приемником. В приборах непрерывных колебаний база маленькая – всего несколько миллиметров, почти в 100 раз меньше, чем в импульсных приборах.

Основу системы определения параметров качества молока составляют два метода – определения скорости распространения ультразвука в среде и определения коэффициента поглощения ультразвука анализируемой средой. Как показала практика, точность ультразвуковых приборов для измерения скорости распространения ультразвука должна быть 0,1%, а приборов для измерения поглощения ультразвука – 5%. Такая разница объясняется тем, что скорость распространения ультразвука в жидкостях колеблется от 800 до 2000 м/с, а поглощение – в большинстве случаев от 100 до 10000 с/см.

Обеспечение точности 0,1% для приборов измерения скорости распространения ультразвука предусматривает и высокую точность для прибора, определяющего, например, жирность молока, что проблематично с точки зрения обеспечения столь высоких метрологических характеристик электронных узлов системы. Следовательно, целесообразнее использовать в основе метода прибор для определения коэффициента поглощения ультразвука средой.

Из методов измерения поглощения ультразвука наиболее распространен импульсный метод измерения интенсивности ультразвуковой волны на разных расстояниях от источника колебаний.

В настоящее время разработаны и реализованы технические решения в области ультразвукового контроля молочных продуктов. В литературе приведено большое количество установок с выполненной тарировкой акустических свойств исследуемой среды применительно к измеряемым показателям качества, принятым в отрасли.

Выпускаются лабораторные приборы, реализующие оценку распределения частиц в растворах, эмульсиях и дисперсиях после соответствующей тарировки или под определенные продукты. Примерами могут служить приборы Lactoscan компании «Milkotronic» (Болгария). Это серия анализаторов, которые могут быть использованы для измерения показателей качества продукции: жирности, сухого обезжиренного остатка белка, лактозы и содержания воды (%), температуры ($^{\circ}\text{C}$), плотности в ареометрических градусах ($^{\circ}\text{A}$) и pH одной и той же пробы в производстве, при покупке



Рис. 1. Анализатор молока Expert WLS/MCC компании «Milkotronic»

и переработке молока. Линейка ультразвуковых приборов состоит из **LactoscanTM FARM Eco**, **LactoscanTM Standard**, **LactoscanTM SH**, **LactoscanTM MCC WS**. Приборы отличаются габаритами, измеряемыми параметрами, скоростью работы и доступными дополнительными опциями. Новый анализатор молока **Expert WLS/MCC** компании «Milkotronic» (рис. 1) не имеет аналогов в своём классе по соотношению производительности и техническим параметрам и предназначен для крупных производителей и переработчиков молока [43].

Анализатор позволяет определять более 11 показателей со скоростью и точностью инфракрасного метода измерения, а по некоторым параметрам (погрешность) превосходит модели компаний «FOSS», «Milcoscan», «Bentley» (табл. 11).

Величина удельной электропроводимости молока в среднем составляет 4,6 мСм/см с колебаниями от 4-6 мСм/см в зависимости

от лактационного периода породы животных. Молоко, полученное от животных больных маститом, имеет электропроводимость до 13 мСм/см. При добавлении в молоко ингибирующих веществ, солей, жиров неживотного происхождения, повышении кислотности молока и т.д. электропроводимость повышается в несколько раз, а при добавлении посторонней воды – понижается.

Таблица 11

Техническая характеристика анализатора молока Expert WLS/MCC

Показатели	Диапазон измерения	Погрешность измерения
Массовая доля, %:		
жира	0,01-25,0 (опционально – до 45%)	±0,06
белка	2,0-15,0	±0,10
СОМО	3,0-40,0	±0,15
воды	0-70	±3
лактозы	0,01-20,0	±0,2
солей (фальсификация)	0,4-4,0	±0,05
Плотность, г/см ³	1000-1160	±0,0005
Точка заморзания, °С	От -0,400 до -0,700	±0,005
Кислотность:		
рН	0-14	±0,05
°Т (градусы Тернера)	10-30	±1,5
Проводимость (фальсификация), (мСм/см)	2-20	±0,05
Общее количество твердых веществ (фальсификация), %	0-50	±0,17
Температура пробы, °С	0-50	±0,1

В зависимости от комплектации анализатор выполняет одно измерение за 30-50 с, что позволяет в час проводить до 120 измерений.

Анализатор имеет полностью автоматическое управление рабочими процессами, оснащён встроенным компьютером, поэтому калибровка, корректировка и вся работа могут проходить автономно через сенсорное управление либо с помощью беспроводной клавиатуры и мышки. Функция Wi-Fi позволяет в режиме онлайн отправлять данные с анализатора на любой другой компьютер через сеть Интернет независимо от его удаления; работать в режиме уда-

лённого доступа (оператор может находиться на любом расстоянии от анализатора). Система сбора данных в оперативном режиме позволяет сохранять до 800 измерений. Работает с пробой молока уже от 5°C без дополнительного подогрева.

Базовая комплектация прибора имеет несколько калибровок, в том числе на молоко сырое, пастеризованное, обрат, сливки (молоко любых животных).

На базе ультразвуковых методов созданы отечественные лабораторные анализаторы, используемые в молочной отрасли, например, **КЛЕВЕР-2М** (усовершенствованная модель КЛЕВЕР-2) производства ООО НПП «Биомер», и серия приборов **Лактан 1-4** (Лактан 1-4 Мини, Лактан 1-4 исп. 220, 230, 220У, 600, Лактан 1-4 М исп. 600 **УЛЬТРАМАКС** производства внешнеторговой производственной компании «Сибагроприбор» (рис. 2, табл. 12-13).



Рис. 2. Анализаторы молока Клевер-2М (а) и Лактан 1-4М исп. 600 УЛЬТРАМАКС (б)

Таблица 12

Сравнительная характеристика анализаторов молока Клевер-2М и Лактан 1-4М исп. 600 УЛЬТРАМАКС

Показатели	Клевер-2М	Лактан 1-4М исп. 600 УЛЬТРАМАКС
1	2	3
Определяемые параметры	Жир, белок, СОМО, лактоза, плотность, добавленная вода, точка замерзания, массовая доля	Жир, белок, СОМО, лактоза, плотность, добавленная вода, точка замерзания, общий белок,

1	2	3
	СМО, степень гомогенизации, температура, массовая доля минеральных солей	минеральные соли, калорийность, температура
Время измерения	3,5; 5,5 (в зависимости от режима работы)	40-50 с
Анализируемый продукт	Свежее цельное, консервированное молоко или сливки	Цельное коровье молоко (по дополнительному заказу другие виды молока)
Пробоподготовка молока	Анализ молока от 20±2°C	Анализ молока от 5°C
Промывка	Ручной режим	Автоматическая, интеллектуальная
Подключение к компьютеру	Есть	Через USB-порт
Подключение к портативному принтеру	Есть	Есть
Масса, кг	До 1	

Таблица 13

**Техническая характеристика анализатора качества молока
Лактан 1-4М исп. 600 УЛЬТРАМАКС**

Параметры качества молока	Диапазон измерения	Предел допускаемой основной абсолютной погрешности
1	2	3
Массовая доля жира, %	0-5	±0,05
	5-10	±0,1
Массовая доля, %: СОМО белок добавленной воды	6-12	±0,1
	1,5-3,5	±0,1
	0-100	±1
Плотность, кг/м ³	1000-1040	±0,3

1	2	3
Лактоза, %	3,3-6,6	±0,06
Точка замерзания, °С	От 0 до -0,529	±0,005
Общий белок, %	2,2-4,4	±0,037
Минеральные соли, %	0,5-0,996	±0,008
Калорийность	0-135	±1,6
Температура, °С	5-45	±1

Анализаторы качества молока Лактан 1-4М исп. 600 УЛЬТРАМАКС и Клевер-2М зарегистрированы в Государственном реестре средств измерений (далее Госреестр СИ) и допущены к применению в Российской Федерации.

Для измерения массовой доли жира, белка, лактозы, минеральных солей, плотности и других показателей качества молока и сливок ООО «Компания Энилаб» (Россия) выпускает ультразвуковые анализаторы Ультрасоник А33 и Ультрасоник А37, зарегистрированные в Госреестре СИ, регистрационный № 57864-14. Приборы имеют по три измерительных канала: сырое молоко, пастеризованное молоко и сливки (45%). Время анализа – 60 с, приборы могут работать от аккумулятора напряжением 12 В.

Широкий модельный ряд ультразвуковых анализаторов качества молока **Екомилк (Экомилк)** выпускает фирма «Bulteh» (Болгария). Приборы этой серии обладают следующими возможностями: подключение рН-электрода для измерения активности ионов водорода в исследуемой пробе (отображение как в рН, так и в значениях титруемой кислотности молока °Т), контроль фальсификации исследуемого цельного молока по параметру «Проводимость», коррекция градуировки анализатора путем введения поправочных величин. Кроме того, анализаторы молока Экомилк оснащены системой самодиагностики с выводом соответствующих ошибок на дисплей, имеют разъем для подключения к персональному компьютеру и возможность подключения компактного термопринтера. Приборы оснащены системой автоматического забора пробы и промывки с использованием помпо-

вого насоса (предусмотрена возможность работы в ручном режиме).

Базовой моделью данной линейки приборов является Экомилк (рис. 3). Этот анализатор определяет шесть основных качественных показателей молока (белок, плотность, СОМО, жир, добавленная вода, температура замерзания). Время одного измерения составляет 180 с. По отдельному заказу его функционал может быть расширен подключением дополнительных опций. По набору измеряемых параметров анализатор Экомилк аналогичен прибору Лактан 1-4М исп. 230. Фирмой «Bulteh» выпускаются также анализаторы молока Экомилк Стандарт, Экомилк М, Экомилк Ultra, Экомилк Total (рис 3, табл. 14) [44, 45].



a



б

Рис. 3. Анализаторы молока Экомилк (а), Экомилк Total (б)

Таблица 14

**Сравнительная техническая характеристика приборов
Экомилк и Экомилк Total**

Показатели	Диапазон измерения	
	Экомилк	Экомилк Total
1	2	3
Массовая доля, %: жира	0-10,0	0,02-9,00

1	2	3
белка	2,0-6,0	
СОМО	6,0-15,0	6,0-12
воды	1-60	0,00-60
Точка замерзания, °С	От 0 до -1,000	От- 0,40 до -0,65
Плотность, кг/м ³	1000-1160	1020-1040
Кислотность:		
рН	–	0,00-14,00
Тернера, °Т	–	10-30
Лактоза, %	–	0,50-7,00
Температура, °С	–	2-50
Электропроводимость, мСм/см	–	2-20

Анализаторы молока Экомилк могут оснащаться дополнительными опциями: для анализа сливок, измерения лактозы, проводимости, кислотности и др.

Для разработанных анализаторов создаются соответствующие методики выполнения измерений (МВИ). Так, для измерений и индикации массовых долей жира, белка, СОМО, точки замерзания, кислотности (рН), титруемой кислотности, плотности в молоке и сливках ультразвуковым методом с использованием анализаторов Экомилк разработана методика, которая распространяется на заготавливаемое сырое, цельное, нормализованное молоко, прошедшее тепловую обработку, а также нормализованное, восстановленное, сухое, консервированное, обезжиренное и концентрированное молоко. Методика не распространяется на кисломолочные продукты [46].

В основу метода положены измерение скорости ультразвука в молоке при двух различных температурах (40-43 и 60-63°С) и степень затухания ультразвуковых колебаний при прохождении их через продукт.

При проведении анализа сухого молока, сливок, мороженого и концентрированного молока пробы этих молочных продуктов должны быть подготовлены к измерениям в соответствии с разработанной МВИ.

Ультразвуковые анализаторы молока мод. Milky Lab и Speedy Lab (рис. 4) выпускаются также фирмой «Astori Tecnica.s.n.c.» (Италия).



Рис. 4. Ультразвуковые анализаторы молока мод. Milky Lab (а) и Speedy Lab (б)

Предназначены для одновременного измерения массовой доли жира, белка, лактозы, СОМО, остатка минеральных веществ в молоке и сливках и определения плотности и температуры продукта на предприятиях молочной промышленности, пунктах приема молока, лабораториях научно-исследовательских институтов.

Milky Lab и Speedy Lab – стационарные настольные автоматизированные приборы, принцип действия которых основан на регистрации изменения параметров ультразвукового сигнала, проходящего через кювету с исследуемым образцом, в зависимости от массовой доли компонентов молока (сливок). Прибор имеет три измерительных канала, которые можно откалибровать на различные типы молока или отдельные диапазоны жирности. Подача образца на анализ выполняется автоматически. Имеется ручная и автоматическая промывка прибора. Модели отличаются представлением информации, выводимой на внешний принтер.

Техническая характеристика анализаторов Milky Lab и Speedy Lab представлена в табл. 15.

Техническая характеристика анализаторов Milky Lab и Speedy Lab

Показатели	Значение
Диапазон измерений массовой доли компонентов, %:	
жир	0,01-20,00
белок	2-7,00
СОМО	3-15,00
лактоза	0,01-6,00
остаток минеральных веществ	0,4-1,5
Пределы допускаемой абсолютной погрешности анализатора при измерении:	
массовой доли компонентов, %	±0,1-0,3
плотности молока, кг/м	±0,3
температуры молока, °С	±1,0
Диапазон измерений:	
плотности молока, кг/м	1015-1040
температуры молока °С	±1-40
Время выполнения анализа (не более), с	90
Напряжение питания:	
переменного тока частотой 50±1, В	220
постоянного тока, В	12 (±10%)
Потребляемая мощность, Вт	50
Габаритные размеры, мм	230×230×205
Масса, кг	4,5

4.2. Инфракрасные анализаторы качества молока и молочной продукции

В основе метода инфракрасной спектроскопии лежит инфракрасное излучение, которое также называют «тепловым», так как все тела, твёрдые и жидкие, нагретые до определённой температуры, излучают энергию в инфракрасном спектре. При этом длины волн, излучаемые телом, зависят от температуры нагревания: чем выше температура, тем короче длина волны и выше интенсивность излучения.

Инфракрасная спектроскопия – раздел молекулярной оптической спектроскопии, изучающий спектры поглощения и отражения электромагнитного излучения в инфракрасной области, т.е. в диапазоне длин волн от 10^{-6} до 10^{-3} м. Спектральные характеристики ин-

дивидуальной молекулы зависят от масс составляющих ее атомов, геометрии строения, особенностей межатомных сил, распределения заряда и др. Поэтому инфракрасные спектры отличаются большой индивидуальностью, что и определяет их ценность при идентификации и изучении анализируемого вещества.

Количественная связь между интенсивностью прошедшего через вещество излучения, интенсивностью падающего излучения и величинами, характеризующими поглощающее вещество, основана на законе Бугера-Ламберта-Бера, т.е. на зависимости интенсивности полюс поглощения от концентрации вещества в пробе. При этом о количестве вещества судят не по отдельным полосам поглощения, а по спектральным кривым в целом в широком диапазоне длин волн. Если число компонентов невелико (4-5), то удастся математически выделить их спектры даже при значительном перекрывании последних. Погрешность количественного анализа составляет доли процента [5].

Для регистрации спектров используют классические спектрофотометры и Фурье-спектрометры.

Основные части классического спектрофотометра – источник непрерывного теплового излучения, монохроматор, неселективный приемник излучения. Кювета с анализируемым веществом помещается перед входной (иногда за выходной) щелью. В качестве диспергирующего устройства монохроматора применяют призмы из различных материалов и дифракционной решетки. Последовательное выведение излучения различных длин волн на выходную щель и приемник излучения осуществляется поворотом призмы или решетки. Источники излучения – накаливаемые электрическим током стержни из различных материалов.

Приемники: чувствительные термодпары, металлические и полупроводниковые термосопротивления и газовые термопреобразователи, которые фиксируют выходной сигнал в виде обычной спектральной кривой.

Достоинства приборов классической схемы: простота конструкции, относительная дешевизна. Недостатки: невозможность регистрации слабых сигналов из-за малого отношения сигнал:шум, сравнительно невысокая разрешающая способность (до $0,1 \text{ см}^{-1}$) и длительная (в течение нескольких минут) регистрация спектров.

В Фурье-спектрометрах (FTIR) отсутствуют входная и выходная щели, а основной элемент – интерферометр. Поток излучения от

источника делится на два луча, которые проходят через образец и интерферируют. Разность хода лучей варьируется подвижным зеркалом, отражающим один из пучков

Первоначальный сигнал зависит от энергии источника излучения и поглощения образца и имеет вид суммы большого числа гармонических составляющих. Для получения спектра в обычной форме производится соответствующее Фурье-преобразование с помощью встроенной ЭВМ. После обратного преобразования Фурье-сдвига фаз между двумя частями разделенного светового пучка получается спектр поглощения, по которому определяются присутствующие в анализируемом образце компоненты и их концентрация.

Достоинства Фурье-спектрометров: высокое отношение сигнал: шум, возможность работы в широком диапазоне длин волн без смены диспергирующего элемента, быстрая (за секунды и доли секунд) регистрация спектра, высокая разрешающая способность (до $0,001 \text{ см}^{-1}$). Недостатки: необходимость соответствующей подготовка пробы, сложность изготовления и высокая стоимость.

Спектрометрия в ближней инфракрасной области (БИК-спектрометрия, англ. NIR) – метод, основанный на способности веществ поглощать электромагнитное излучение в диапазоне длин волн от 780 до 2500 нм (от 12500 до 4000 см^{-1}). Наиболее информативным диапазоном является область от 1700 до 2500 нм (от 6000 до 4000 см^{-1}).

БИК-спектрометрия позволяет прямо или косвенно проводить качественную и количественную оценку химических, физических и физико-химических характеристик анализируемого объекта и обладает следующими преимуществами:

- простота подготовки проб или отсутствие подготовки;
- неразрушающий характер анализа;
- возможность одновременной оценки нескольких параметров (показателей);
- возможность проведения дистанционного контроля, в том числе в технологических потоках в режиме реального времени.

Благодаря этим преимуществам БИК-анализаторы все шире внедряются в практику аналитических лабораторий для одновременного измерения содержания многих компонентов, присутствующих в образце. Следует отметить, что методы спектрального анализа основаны на единой природе электромагнитного излучения, поэтому



виды спектроскопии принципиально не различаются. Конструкция спектрометров зависит в основном от области спектра, в котором работает прибор, и сложности подготовки образцов для анализа.




Для градуировки таких приборов проводится регистрация спектров партии образцов с известными концентрациями компонентов или известными свойствами. По этим данным рассчитывается градуировочная модель, которая связывает содержание определяемого компонента с результатом спектрального анализа.




Обширную программу измерительных систем для контроля качественных показателей молока и молочной продукции на основе инфракрасной спектрометрии выпускает датская компания «Фосс» (табл. 16-17) [47-56].

Таблица 16

**Приборы для контроля качественных показателей молока
и молочной продукции**

Общий вид	Анализируемые продукты	Определяемые параметры	Принцип действия, краткая характеристика
1	2	3	4
<p>Анализатор сыра DairyScan™</p> 	Сыры различных рецептур (кроме сыра с плесенью)	Содержание жира и влаги	NIR – ближний ИК-диапазон (45 с)
<p>Анализатор MilkoScan FT1 Advanced</p> 	Молоко, сливки, сыворотка, концентрированная сыворотка, концентрированное молоко, кисломолочные продукты, молочные десерты с одновременным определением нестандартных продуктов	Жир, белок, лактоза, полное содержание сухого вещества, сухой обезжиренный остаток, титруемая кислотность, плотность, казеин, мочевина, сахара, глюкоза, фруктоза, углеводы, обнаружение целевой и нецелевой фальсификации	FTIR – инфракрасная Фурье-спектроскопия (Fourier-transformed spectroscopy). Производительность – 120 измерений в час

1	2	3	4
<p>Анализатор MilkoScan™ FT2</p> 	<p>Молоко, сливки, сыворотка, концентрированная сыворотка, мороженое, десерты, ферментированные продукты и концентрированное молоко, детское питание, сыры</p>	<p>Жир, белок, лактоза/пониженное содержание лактозы, полное содержание сухого вещества, сухой обезжиренный остаток, общая кислотность, плотность, свободные жирные кислоты, казеин, мочевины, сахара, глюкоза, фруктоза и др.</p>	<p>FTIR – инфракрасная Фурье-спектроскопия. Измерение параметров в сложных молочных продуктах. Время измерения – 30 с. Габаритные размеры – 880×540×473 мм. Масса – 99 кг</p>
<p>Высокоэкономичный тестер молока MilkoScan™ Mars</p> 	<p>Сырое и переработанное молоко, сливки и сыворотка</p>	<p>Жир, белок, лактоза, полное содержание сухого вещества, сухой обезжиренный остаток, точка замерзания (только молоко). Обнаружение намеренно и случайно добавленных примесей</p>	<p>FTIR – инфракрасная Фурье-спектроскопия Заводские калибровки на 2, 4 и 6 параметров, время измерения 6 параметров – 1 мин. Потребление энергии – 60 Вт. Габаритные размеры – 345×280×285 мм. Масса – 10,5 кг</p>
<p>Встраиваемый FTIR-анализатор MilkoStream™ FT</p> 	<p>Сыр и порошковое молоко</p>	<p>Жир, белок, лактоза, общее содержание сухих веществ и сухой обезжиренный остаток. Диапазон калибровки – 0-6% жира, 3-13 – белка, 3-6 – лактозы, 9-20 – полного содержания сухого вещества, 9-18% сухого обезжиренного остатка</p>	<p>FTIR – инфракрасная Фурье-спектроскопия (непрерывное измерение через 7 с). Габаритные размеры – 255×485×353 мм. Масса: корпус – 24,3 кг, зонд – 12,5 кг</p>

1	2	3	4
<p>Встраиваемый анализатор ProFoss™ Dairy</p> 	<p>Масло, свежий сыр, моцарелла, концентрат сывороточного белка/молочного белка, сухое молоко и сливки</p>	<p>Жир, белок, влажность, полное содержание сухого вещества, сухой обезжиренный остаток и отношение белок/полное содержание сухого вещества</p>	<p>NIR – ближний ИК-диапазон (среднее время измерения – 15-30 с). Габаритные размеры – 42×42×13,5 см. Масса – 25 кг</p>
<p>Анализатор молочных продуктов FoodScan™</p> 	<p>Сыр, сухая сыворожка, масло и йогурт, спреды и другие молочные продукты</p>	<p>Жир, белок, влажность, соль, сухой обезжиренный остаток и pH. Возможны расширение и дополнение стандартных калибровок под индивидуальные задачи</p>	<p>NIR – ближний ИК-диапазон. Энергопотребление – 175 Вт. Габаритные размеры – 420×620×450 мм. Масса производственного FoodScan™ – 56 кг, лабораторного – 40 кг. Время измерения – 50 с</p>
<p>Анализатор сухих молочных продуктов NIRS™ DS2500</p> 	<p>Сухое молоко и смесь для мороженого</p>	<p>Жир, белок, влажность, зольность, лактоза, кислотность и др. с использованием существующих калибровок</p>	<p>NIR – ближний ИК-диапазон. Время измерения – 1 мин. Габаритные размеры – 375×490×300 мм. Масса – 27 кг</p>

Компоненты, измеряемые анализатором MilkoScan™ FT2 [57]

Продукция	Определяемые параметры
1	2
Молоко	Жир, белок, лактоза, общее количество сухих веществ, СОМО, лимонная кислота, измерение точки замерзания, мочевины, казеин, плотность, титруемая кислотность, свободные жирные кислоты
Сливки	Жир, белок, сухие вещества, СОМО
Концентрированное молоко	Жир, сухие вещества, СОМО
Детское питание	Жир, сухие вещества, СОМО
Йогурты и другие ферментированные молочные продукты	Глюкоза, фруктоза, лактоза, сахароза, углеводы, жир, белок, сухие вещества, СОМО, молочная кислота
Неферментированный йогурт	Глюкоза, фруктоза, лактоза, сахароза, углеводы, жир, белок, сухие вещества, СОМО
Десерты и мороженое	Глюкоза, фруктоза, лактоза, сахароза, общие углеводы, жир, белок, сухие вещества, СОМО
Сыры	Жир, белок, СОМО, соль
Концентрированная сыворотка	Жир, белок, лактоза, СОМО, общая кислотность
Жидкая сыворотка	Жир, белок, лактоза, СОМО
Творожные сырки	Жир, белок, сухие вещества, СОМО

Одновременно может быть проанализировано неограниченное количество компонентов. Метрологические характеристики анализатора MilkoScan™ FT2 представлены в табл. 18.

Таблица 18

**Метрологические характеристики анализатора MilkoScan™ FT2
(при анализе молока/молочных продуктов)**

Определяемый компонент	Единица величины	Диапазон измерений	Пределы допустимой абсолютной погрешности, %
1	2	3	4
Жир	Массовая доля, %	0-6/0-60	±0,06/±0,5
Белок		0-6/0-15	±0,14/±0,3

1	2	3	4
Лактоза	Массовая доля, %	0-6/0-25	$\pm 0,5/\pm 0,5$
Общее содержание: сухого вещества глюкозы и фрук- тозы		0-15/0-70 -/0-12	$\pm 0,4/\pm 0,5$ -/ $\pm 0,2$
Сахароза		-/0-17	-/ $\pm 1,0$
Молочная кислота		-/0,3-1,3	-/ $\pm 0,05$
Свободные жирные кислоты	Молярная concentra- ция, ммоль/10 в 1 л	0-5,0/-	$\pm 0,4/-$
Мочевина	Массовая доля, %	0,01-0,08/-	$\pm 0,05/-$
Кислотность (титру- емая)	Градус Тернера, °Т	13-22/-	$\pm 0,5/-$
Точка замерзания	Градус Цельсия, °С	0,45-0,55/-	$\pm 0,02/-$
Лимонная кислота, %	Массовая доля	0,1-0,3/-	$\pm 0,05/-$
Плотность, кг/м ³	-	1025-1037/-	$\pm 0,4/-$

Для мелких производителей молочной продукции компанией «Фосс» разработан анализатор MilkoScan Minor (рис. 5), который позволяет получить быстрый анализ при тестировании молока. Предварительно откалиброванный прибор для сырого и обработанного молока и сливок позволяет выполнять анализ на месте и точнее контролировать производство. Анализатор имеет автоматическую мойку и установку на «ноль», что обеспечивает его постоянную готовность к работе.



Рис. 5. Анализатор
MilkoScan Minor

Прибор анализирует холодные образцы, производительность – 40 анализов в час, что дает возможность быстро откорректировать производственный процесс или получить необходимые данные для определения стоимости молока. Данные выводятся на дисплей, на принтер, в сеть или на присоединенный персональный компьютер, где результаты могут быть сохранены в базе данных. Прибор сер-

тифицирован в России, методики проведения анализов аттестованы.

Анализатор *MilkoScan Minor* выпускается в двух модификациях:

- *MilkoScan Minor 6* – измеряет жир, белок, лактозу, сухие вещества, СОМО и изменение точки замерзания в молоке и сливках;
- *MilkoScan Minor 3* – определяет любые три параметра из перечня: жир, белок, лактоза, сухие вещества, СОМО и изменение точки замерзания в молоке и сливках. Диапазон измерений показателей приведен в табл. 19.

Таблица 19

Диапазон измерений показателей анализатором *MilkoScan Minor*

Показатели	Диапазон измерений
Жир, %	0-40
Белок, %	0-8
Лактоза, %	0-7
СОМО, 15%	0-15
Сухие вещества, %	0-50
Изменение точки замерзания, °С	От -0,450 до -0,550
Температура образца, °С	4-40
Объем образца, мл	> 8
Напряжение питания, В	100-240
Габаритные размеры, мм	500×360×285
Масса, кг	32

Компания «Фосс» выпускает также анализаторы, позволяющие создавать модульные структуры. Так, экспресс-анализатор сырого молока **КомбиФосс ФТ+** включает в себя анализатор состава молока МилкоСкан ФТ+, анализатор соматических клеток Фоссоматик 5000, общий конвейер и компьютер. В зависимости от версии производительность составляет 200, 300, 400, 500 анализов в час [58].



Рис. 6. Инфракрасный анализатор молока и молочных продуктов MPA Bruker

Для контроля качества жидких и твердых молочных продуктов компания «Bruker Optics» (Германия) выпускает инфракрасный анализатор молока MPA Bruker в комбинации с модулем для жидких образцов LSM (рис. 6). С помощью прибора проводят анализ сырого молока, сыворотки, йогуртов (в том числе с наполнителями), сы-

ров твердых и плавленных, сухого молока, сметаны, творога и других продуктов, определяют белок, жир, СОМО, лактозу, казеин и другие показатели (всего 12). Полный комплект стартовых калибровок может быть использован для анализа любого типа молока – сырого, обезжиренного, нормализованного, ультрапастеризованного и др. [59].

В соответствии с методикой, утвержденной ВНИМИ, при выполнении измерений массовых долей жира, белка, СОМО, лактозы в молоке и молочных продуктах на анализаторах МРА Bruker получены следующие технические и метрологические показатели (табл. 20).

Таблица 20

**Технические и метрологические показатели анализатора
МРА Bruker**

Показатели	Продукты				
	молоко сырое и питьевое	жидкие кисломолочные продукты	сухие продукты	творог и творожные продукты	сметана и сметанные продукты
Диапазон измерения массовой доли жира	0,5-5,0	0,5-5,0	0,1-45,0	0,5-25	10,0-30,0
Погрешность измерения	0,1	0,1	0,2-0,6	0,1-0,2	0,3
Диапазон измерения массовой доли белка	0,5-5,0	1,0-5,5	5,0-40,0	1,0-20,0	1,5,0
Погрешность измерения	0,09	0,09	0,08	0,5	0,2
Диапазон измерения массовой доли сухих веществ	5,0-15,0	5,0-18,0	80,0-98,0	15,0-70,0	15,0-55,0
Погрешность измерения	0,4	0,4	0,6	0,5	0,5
Диапазон измерения массовой доли лактозы	1,0-6,0	–	40,0-80,0	–	–
Погрешность измерения	0,3		0,6		



*Рис. 7. Спектрометр Tango
компании Bruker Optics*

Новинкой в линейке NIR-анализаторов компании «Bruker Optics» (Германия) является спектрометр **Tango** (рис. 7). В приборе реализованы все функциональные преимущества спектрометров предыдущих мод. МРА и Matrix-1. Анализатор может быть выполнен с модулем диффузного отражения Tango-R (для анализа твердых образцов порошков) или с модулем кюветного отделения Tango-T (для анализа жидкостей).

Анализатор молочных продуктов Tango-R Bruker позволяет проводить анализ йогуртов (в том числе с наполнителями), сыров твердых и плавленых, сухого молока, сметаны, творога и других продуктов и определять следующие показатели: белок, жирность, СОМО, лактоза, содержание влаги, содержание солей, кислотность, температура замерзания, казеин, мочевина, трансизомеры, насыщенные и ненасыщенные жирные кислоты [60].

Анализ образцов осуществляется в режиме реального времени с помощью оптоволоконных датчиков, которые погружаются непосредственно в реактор, трубу или устанавливаются над конвейером, что является важным преимуществом данного прибора. Один спектрометр поддерживает до шести различных датчиков. Спектрометр может быть удален от места установки датчика на расстояние оптоволоконного кабеля до 200 м (зависит от образца и вида датчика). Это позволяет перейти от выборочного к тотальному контролю входного сырья и продукции.

Для обеспечения максимального обзора монитор вращается вокруг оси и наклоняется под любым углом, его можно положить сверху на спектрометр. Выбор продукта при анализе производится нажатием на соответствующую иконку на сенсорном экране. Количественный анализ выполняется по готовым калибровкам, без разработки метода, имеется возможность адаптации калибровочных моделей по собственным образцам.

Техническая характеристика NIR-спектрометра Tango представлена в табл. 21.

Таблица 21

Техническая характеристика NIR-спектрометра Tango

Параметры	Значение
Спектральный диапазон, см ⁻¹	11 500-4 000
Скорость измерения	До 5 сканов в секунду при спектральном разрешении 8 см ⁻¹
Разрешение, см ⁻¹	Лучше 4 (TANGO-R) Лучше 2 (TANGO-T)
ИК-источник	Галогеновая лампа (5В, 7 Вт), воздушное охлаждение, средний срок службы – 9000 ч
Класс лазера	Лазерный диод, средний срок службы – более 10 лет
Детектор	InGaAs, термоэлектрическое охлаждение, термостабилизированный
Габаритные размеры, мм	292×438×175, дополнительно 212 мм – монитор
Масса, кг	18,6 (TANGO-R) 19,7 (TANGO-T)

Прецизионный ИК-анализатор Lactoluser MIRA для молочной продукции широкой номенклатуры (молоко полуобезжиренное, сыровотка, сметана, растворенное сухое молоко, сыр в жидкой фазе и др.) выпускает голландская фирма «Lactotronic». Основные технические параметры представлены в табл. 22.

Таблица 22

Основные технические параметры ИК-анализатора Lactoluser MIRA

Показатели	Диапазон измерения, %	Погрешность, %
Жир	0-20/0-55	0,05
Белок	0-10	0,05
Лактоза	0-15	0,05
СОМО	0-60	0,1
Точка замерзания, °С	От -0,470 до -0,590	0,004

Производительность прибора – до 250 проб в час, потребляемая мощность- 350 Вт, масса – 17 кг.



Рис. 8. Инфракрасный анализатор качества молока Лактан 1-4М исп. 700S

Российское предприятие «Сибгагроприбор» выпускает инфракрасный анализатор качества молока **Лактан 1-4М исп. 700S** (рис. 8) [61]. Это новейшая разработка в области контроля качества молока, основанная на инфракрасном методе анализа, обеспечивающем получение наиболее точных и объективных результатов за минимальное время.

Прибор позволяет измерить без использования химических реактивов содержание массовой доли жира, белка, СОМО, плотность, добавленной воды и точку заморозания в пробе молока всего за 15 с. Ближняя инфракрасная область граничит с видимым светом (табл. 23). Эта часть спектра безопасна как для оператора, так и для анализируемого объекта, что позволяет исследовать объект без его разрушения. В то же время в практическом отношении БИК-анализ имеет ряд преимуществ перед химическими методами анализа.

Таблица 23

Техническая характеристика анализатора качества молока Лактан 1-4М исп. 700S

Параметры	Значение
Спектральный диапазон, нм	1200-2400
Время измерения, с	15
Производительность в час, пробы	200
Объем пробы, см ³	25
Время прогрева, мин	30
Индикация результата с дискретностью отсчета, %	0,01
Электропитание, В/Гц	220(±10)/50
Габаритные размеры, мм	300×280×400
Масса, кг	8

По сравнению с ультразвуковыми анализаторами комплекс Лактан 1-4М исп. 700S имеет меньшую погрешность результатов из-

мерения; более высокую производительность – до 200 проб в час, транспортер для автоматической подачи кассеты на 10 проб, автоматическую промывку.

Обеспечивая быстрый контроль поступающего сырья за счет автоматизации процесса подготовки и подачи анализируемых проб, комплекс минимизирует временные и материальные затраты на проведение анализа; занятость лаборанта в процессе анализа минимальна. Инфракрасный анализатор качества молока Лактан 1-4М исп. 700S поставляется с заводской градуировкой на цельное коровье молоко.

Возможны дополнительные градуировки: пастеризованное молоко, стерилизованное молоко, сливки, обрат, восстановленное молоко из сухого, восстановленное молоко из сухого обрата, консервированное молоко, козье молоко.

Используя программное обеспечение в комплекте с анализатором, каждый может самостоятельно создавать собственные градуировки (необходимо иметь пробы молока и данные химического анализа, проведенного арбитражными методами).

Для измерения широкого спектра показателей качества молока и молочной продукции (табл. 24) компанией «Pertin Instruments» (Швеция) выпускается универсальный инфракрасный анализатор DA 7250 (рис. 9) [62, 63].

Таблица 24

Калибровки для анализа молочной продукции анализатора DA 7250

Продукты	Определяемые показатели	Диапазон, %
1	2	3
Сливочное масло (соленое)	Влажность	13,7-18,3
	Жир	78,2-84,8
	Соль	0,1-2,5
Сливочное масло (несоленое)	Влажность	14,9-22,1
	Жир	75,7-83,9
Сыр (итальянские твердые сыры, Пармезан, Романо)	Влажность	10,3-30,3
	Жир	24,0-34,1
	Соль	2,7-5,6
Сырный порошок	Влажность	1,8-3,3
	Соль	1-8,4
	pH	4,9-6,7

1	2	3
Сливки	Жир, г/кг	55-510
Сухая молочная смесь (сухое обезжиренное молоко, концентрат сывороточного белка, сухое молоко и др.)	Влажность	1,3-5,3
	Протеин	3,8-38,7
	Жир	0-37,6
	Зольность	4,8-10,2
	Лактоза	36,8-79
	Щелочность	1-320
Молоко гомогенизированное	Жир, г/л	0,1-40,6
Молоко сырое	Жир, г/л	0,8-93,1
	Протеин, г/л	24,6-65,3
	Лактоза, г/л	3,8-5,6
	Сухие обезжиренные вещества	4,4-8,8
Молоко сырое	Пальмитиновая кислота	0,04-2,4
	Стеариновая кислота	0,08-1,1
	Олеиновая кислота	0,18-2,7
	Мононенасыщенные жирные кислоты	0,17-2,8
	Полиненасыщенные жирные кислоты	0,1-0,48
	Насыщенные жирные кислоты	0,56-5,8
	Общие ненасыщенные жирные кислоты	0,15-3,6
Сгущенное молоко	Общее сухое вещество	71,2-75,5
	Жир	7,3-9,2
Сгущенная молочная сыворотка	Сухое вещество	34,9-55,7
	Жир	0,5-3,3
	Протеин	10,6-15,9
	Щелочность	0,1-265,5
	Зольность	7,5-10
Концентрат сывороточного белка	Протеин	27,8-40,7
	Жир	2,5-10,8
	Щелочность	29,2-220,7
	Зольность	4,1-7,9
Йогурт	Сухое вещество	24,1-28,1
	Жир	7,3-8,8

Предназначен для анализа всех типов образцов – от порошка до гранул, жидкостей, паст и суспензий, сочетает в себе высокую точность и скорость измерений (время измерений – 6 с), простоту в эксплуатации и износоустойчивость. DA 7250 предварительно откалиброван для широкого применения. Все молочные продукты, кроме сыров, которые требуют измельчения, могут быть проанализированы без предварительной пробоподготовки. Используется система одноразовых чашек, образец помещают в пластиковую чашку, которая удаляется после анализа, что делает DA 7250 чрезвычайно простым в использовании.



Рис. 9. Экспресс-анализатор DA 7250 компании «Perten Instruments»

Зарегистрирован в Госреестре средств измерений РФ № 63204-16.

Необходимо подчеркнуть, что метод экспресс-анализа продуктов с помощью ИК-спектроскопии не является прямым методом. Ошибка данного метода зависит от ошибки, характеризующей химический метод, который используется для сравнения с DA 7250. Для большинства продуктов и показателей типичная ошибка метода ИК-спектроскопии находится в интервале 1-1,5 от величины ошибки химического метода.

Компания «Bentley Instruments» выпускает анализаторы молока производительностью от 50 до 600 проб сырого молока в час по таким показателям, как жир, белок, лактоза, сухое вещество, мочевина, соматические клетки, бактерии и др. .

Для селекционных целей в молочном скотоводстве необходим мониторинг продуктивности и качественных показателей сырого молока, полученного от большого поголовья животных. Для этого компания «Bentley Instruments» выпускает комбинированные аналитические системы **Bentley DairySpec FT Combi** и **Bentley FTS Combi** (рис. 10).



а



б

Рис. 10. Комбинированные аналитические системы Bentley DairySpec FT Combi (а) и Bentley FTS Combi (б)

Модули Bentley FTS и Bentley DairySpec FT состоят из ИК-Фурье-спектрометра (Fourier Transform Spectrometer, или FTIR), который охватывает весь ИК-спектр поглощения анализируемых компонентов пробы молока. Это позволяет калибровать прибор по каждому компоненту. Калибровочные установки хранятся в памяти, поэтому в любое время можно выбрать необходимую калибровку либо восстановить предыдущую.

Модули Bentley FTS и Bentley DairySpec FT используются как самостоятельные анализаторы (без определения соматических клеток).

В аналитических системах используются соответствующие анализаторы соматических клеток – Somacount FC (в системах Bentley DairySpec FT Combi) и Somacount FCM (в системах Bentley FTS Combi) [64, 65].

Анализируемые компоненты молока и производительность систем представлены в табл. 25.

Спектральные характеристики, полученные с использованием анализаторов компании «Bentley Instruments», позволяют создавать базу данных спектров образцов молока, автоматически обнаруживать образцы, которые «выпадают» за пределы типового спектра, а также использовать спектры для обнаружения нестандартных добавок в молоко.

**Характеристика аналитических систем молока
компаний «Bentley»**

Показатели	Bentley DairySpec FT Combi	Bentley FTS Combi
Анализируемые компоненты молока	Жир, белок, общее количество сухих веществ, лактоза, мочевины (энергетический баланс при кормлении дойных коров), точка замерзания (фальсификация молока), лимонная кислота, значение рН, кислоты жирного ряда (7шт.), казеин, ацетон и Бета-оксибутират (ВНВ) (Ацидоз, Кетоз), свободные жирные кислоты и соматические клетки	
Производительность системы, пробы/ч	100-150-200-250-300	400-500-600
Диапазон оценки: жир, белок, лактоза, сухое вещество, % соматические клетки, млн клеток/мл		0-15 0-10

Для поддержания стабильного качества молочной продукции требуются постоянный контроль и оперативная корректировка соответствующих технологических процессов. Время проведения анализов общепринятыми стандартными методами может занимать до нескольких часов. С использованием БИК-анализаторов **ИнфраЛЮМ® ФТ-10** и **ИнфраЛЮМ® ФТ-12** (рис. 11) компании «Люмэкс» время анализа можно сократить до 1,5 мин.

Измеряемые показатели качества молочной продукции для экспресс-контроля технологических процессов на производстве с помощью БИК-анализаторов ИнфраЛЮМ® ФТ-10/12 представлены в табл. 26.



*Рис. 11. Анализатор
ИнфраЛЮМ® ФТ-12
компания «Люмэкс»*

**Измеряемые показатели и продукция для контроля
технологий производства с использованием анализаторов
ИнфраЛЮМ®ФТ-10/12**

Продукты	Показатели	Диапазон измерений, %	Продукт	Показатели	Диапазон измерений, %	
Молоко сырое и нормализованное	Белок	2-4	Творог	Белок	11-27	
	Жир	3-5		Влажность	59-84	
	Сухое вещество	11-14		Жир	1-23	
	Лактоза	4-5		Кислотность, °Т	150-346	
Молоко сухое обезжиренное	Сыворотка	0,5-100	Творожные замесы	Белок	7-22	
				Влажность	21-48	
				Жир	10-28	
Молоко сухое цельное	Белок	2,6-3,7	Масло сливочное	Кислотность	98-158	
	Жир	10-30		Сахар	7-34	
Йогурт	Влажность	2-7		Масло сливочное	Жир	40-85
					Белок	2,5-4
	Жир	0,8-9		СОМО		
			Сахар	5-12	Сыр	Жир
Сухое вещество	17-25	Влажность				34-55
				Соль	1-4	

Кроме БИК-анализаторов, для контроля питательной ценности и безопасности молока и молочной продукции компания «Люмэкс» выпускает системы капиллярного электрофореза КАПЕЛЬ-105М/205, анализатор жидкости ФЛЮОРАТ-02, жидкостный хроматограф ЛЮМАХРОМ, атомно-абсорбционный спектрометр МГА-1000, атомно-абсорбционный спектрометр РА-915М с соответствующим методическим обеспечением [66-68].

Наряду с совершенствованием инфракрасных анализаторов разрабатываются новые экспресс-методы получения показателей, характеризующих качество молока на основе использования инновационной технологии STEP (Space and Time resolved Extinction Profiles),

которая базируется на измерении интенсивности света, прошедшего через пробирку с образцом как функции времени.

Поскольку молоко – многокомпонентная полидисперсная система, в которой все составные вещества находятся в тонкодисперсном состоянии, любые вмешательства в эту систему приводят к нарушению ее стабильности. Это фиксируется в виде графиков (отпечатков) анализатором дисперсий LUMiFuge, разработанным компанией «LUM-GmbH», который дает быструю и точную характеристику расслоению молока, что позволяет создавать базу данных «отпечатков», решать различные задачи по контролю качества молока и молочной продукции [69].

4.3. Анализаторы мочевины в сыром молоке

Для идентификации молока-сырья и определения его подлинности необходимо применять комплексную оценку показателей качества и безопасности. Используя ряд известных методов или их модификацию, можно установить факты фальсификации молока и молочных продуктов. При этом следует отметить, что многие из них – это стандартизованные методы контроля, другие – используются как тестовые или с модификацией известных методов.

Согласно исследованиям, фальсифицируются основные показатели качества молока. Это белок, кислотность, плотность, липидный состав и др. Самый распространенный способ фальсификации молока-сырья – увеличение массовой доли белка различными аммонийными соединениями, мочевиной и др. [17].

Повышение количества мочевины вызывает снижение кислотности молока, увеличение продолжительности сычужного свертывания и подавление кислотообразующей активности заквасок молочнокислых бактерий при сквашивании, поэтому определение небелкового азота и мочевины в молоке-сырье необходимо проводить с периодичностью не реже одного раза в месяц, так как вычисление «истинного» белка молока позволит более точно оценить его состав.

Для измерения мочевины в молоке-сырье разработаны специальные анализаторы [70-72]. Так, анализатор мочевины в сыром молоке **ChemSpec 150** (фирма «Бентли») основан на ферментативном диф-



Рис. 12. Анализатор мочевины в сыром молоке ChemSpec 150

ференциальном методе определения азота мочевины с помощью двух независимых спектрофотометрических (колориметрических) измерений (рис. 12).

В одном измерительном канале используется модифицированная реакция Бертелота, сущность которой заключается в следующем: мочевина гидролизуется в присутствии воды и фермента – уреазы до аммиака и оксида углерода, ионы аммония реагируют с гипохлоритом и салицилатом, образуя окрашенный зеленый раствор, интенсивность окраски которого зависит от концентрации мочевины в пробе. Оптическая плотность зеленой окраски измеряется спектрофотометрическим методом в проточной оптической кювете. В другом канале – естественный азот молока, не преобразованный реакцией Бертелота, – методом, аналогичным применяемому в первом канале, но без добавления уреазы. Концентрация мочевины вычисляется по разности показаний каналов с помощью калибровочной прямой. Производительность анализатора – 150 проб в час. Диапазон оценки: азота мочевины в молоке – 0-40 мг/дл, мочевины – 0-86 мг/дл. Требуемое количество молока для анализа – 2,5 мл, габаритные размеры – 63×27×38 см, масса – 23 кг.

Для обеспечения прибыльности фермерских хозяйств и производителей молочных продуктов в европейских странах создана сеть специализированных лабораторий, которые обычно расположены в сельской местности и призваны обеспечить производителей молока информацией по содержанию мочевины в сыром молоке.

Одним из ведущих учреждений такого профиля является лаборатория института «Landeskontrollverband Brandenburg E. V.» в городе Вальдсиеверсдорфе (Германия). Лаборатория работает в строгом соответствии с официальным методом EN 45.001, определяющим требования к химическому и физическому контролю сырого молока. Институт выполняет все стадии аналитического контроля – от отбора проб на молочной ферме до выдачи результатов и рекомендаций производителю молока (рис. 13). Ежемесячно обрабатываются пробы мо-

лока приблизительно от 220 000 коров, и это число постоянно растет в связи с важностью надлежащего контроля качества.



Рис. 13. Схема организации анализа проб молока

Анализатор **Skalar San++** (рис. 14) фирмы «Skalar» (Нидерланды) составляет важную часть приборного парка лаборатории. За год производится от 60000 до 80000 анализов мочевины в молоке. Ежедневная серия из 300 образцов требует



Рис. 14. Анализатор Skalar San++

непосредственного участия оператора в течение примерно 45 мин. Далее система работает в автоматическом режиме. Важно и то, что работа на анализаторе не требует квалификации оператора.

Пробирки с пробами молока, отобранными на молочной ферме, размещаются в автоматическом дозаторе. Вместимость дозатора – 120 проб, разделенных на партии по 10 шт., каждая партия устанавливается в индивидуальном контейнере из нержавеющей стали. Такая расстановка позволяет устанавливать и извлекать каждую партию независимо от других. Производительность прибора – около 120 проб в час. Принцип работы анализатора – мокрая химия с последующим фотометрическим детектированием. Преимущества автоматизации состоят не только в избавлении оператора от трудоемких и сложных манипуляций, но и в исключении неизбежных при ручной работе ошибок и погрешностей.

Полный контроль всех параметров прибора осуществляется через программное обеспечение. Основные работы по обслуживанию занимают приблизительно полчаса и сводятся к чистке и промывке системы приблизительно один раз в две недели, т.е. каждые 120-150 ч работы. Пробы регистрируются в базе данных лабораторной информационной системы. Контроль качества ведется в автоматическом режиме программой Analytical Quality Control (AQC), которая контролирует пробы, сравнивая их с заданными параметрами.

Анализатор **Skalar San++** способен выполнять широкий ряд исследований методами мокрой химии. Наиболее типичное применение – такого прибора для контроля качества молока и молочных продуктов – определение мочевины, аммиака, нитратов, нитритов, протеина, ацетона и др.



Рис. 15. Фотометрический прибор CDR FOODLAB

Фотометрический прибор (система) **CDR FOODLAB** (фирма CDR, Италия) (рис. 15, табл. 27) – малогабаритный с готовыми реагентами и записанными в память методиками анализа. Готовые тест-наборы с использованием ферментов ускоряют процесс анализа. Результаты – с высокой точностью, без трудоемкого приготовления сложных реактивов.

Система позволяет проводить анализ до 16 образцов одновременно. Кроме измерения мочевины в молоке, прибор позволяет определять следующие показатели качества молока и молочных продуктов: молочная кислота, лактоза, аммоний, хлориды, перекисное число в масле, маргарине, кремах и др. [72]. Время измерения основных показателей – от 1 до 11 мин. При определении фосфатазы (пастеризованное молоко) время анализа – 30 мин.

Таблица 27

Техническая характеристика прибора CDR FOODLAB

Параметры	Значение
1	2
Система	Шестифильтровый фотометр с подогревом образцов до 37°C

1	2
Время анализа мочевины, мин	3
Диапазон измерения мочевины, мг/дл	5-100
Фотометрический диапазон, Abs	0,0-2,3 (0,0-4,0)
Выходы	Порт для подключения к ПК
Напряжение питания, В	12 (постоянного тока)
Условия эксплуатации	В помещениях с температурой от 15 до 35°С и относительной влажностью от 20 до 90% – без конденсации
Габаритные размеры, мм	315×190×165
Масса, кг	2,5

Фотометрическая система CDR FOODLAB позволяет создавать новые методы анализа молочной продукции, автоматически рассчитывать, отображать и распечатывать результаты анализа.

4.4. Методы и приборы для контроля качества мяса и мясной продукции

Для контроля качества мяса чаще всего отбирают пробы по ГОСТ Р 51447-99 (ИСО 3100-1-91) «Мясо и мясные продукты. Методы отбора проб». Согласно этому документу число отбираемых проб с целью получения представительной первичной пробы поставки или партии (партий) должно соответствовать стандартным методам отбора, установленным контрактом или другим соглашением между заинтересованными сторонами.



К основным показателям, характеризующим качество мяса, относятся влагосодержание, количество сырого жира, сырого протеина, величина рН и др. При исследовании качества мяса устанавливают также цвет, запах, содержание аммиака, сероводорода, общего азота, золы, насыщенных ионов водорода и других составляющих.

Для этого широко используют физические методы анализа, отличающиеся большой производительностью и позволяющие всесторонне охарактеризовать состав и свойства мясной продукции.

В табл. 28 представлены измерительные системы для контроля качественных показателей мясной продукции, выпускаемые датской компанией «Фосс» [73-75], которые широко используются на мясокомбинатах, мясоперерабатывающих заводах, колбасных предприятиях, а также предприятиях, относящихся к категории малого бизнеса.

Таблица 28

**Приборы для контроля качественных показателей мяса
и мясной продукции компании «Фосс» (Дания)**

Модель и общий вид прибора	Анализируемые продукты	Определяемые параметры	Принцип действия, краткая характеристика
1	2	3	4
<p>Встраиваемые в технологию анализаторы MeatMaster™ II, MeatMaster™ II AG, MeatMaster™ II C</p> 	<p>Любой вид сырого мяса, охлажденного или замороженного (MeatMaster™ II). Замороженный мясной фарш (MeatMaster™ II AG). Упакованное или находящееся на конвейере навалом мясо MeatMaster™ II C</p>	<p>Жир, масса, посторонние предметы (металл, кости)</p>	<p>Рентгеновское излучение в реальном времени</p>
<p>Анализатор MeatScan™</p> 	<p>Контроль молотого или гомогенизированного мяса на производстве или при лабораторных исследованиях, сырое мясо, мясные полуфабрикаты, фарш для сосисок и колбас различных рецептов</p>	<p>Жир и влажность</p>	<p>Пропускание в ближнем ИК-диапазоне. Масса образца – 200 г. Габаритные размеры – 420×230××390 мм. Масса прибора – 11,4 кг. Время измерения – менее 50 с</p>

1	2	3	4
<p>Встроенный анализатор непрерывного контроля производства мяса птицы ProFoss</p> 	<p>Мясо птицы механической обвалки</p>	<p>Жир, влажность и белок</p>	<p>Поперечное пропускание в ближнем ИК-диапазоне. Встраивается в поток для измерения содержания жира в мясном фарше, обеспечивает стандартизацию партий в реальном времени. Время измерения – менее 60 с. Масса – 20 кг. Габаритные размеры – 420×420×135 мм</p>
<p>Анализатор мяса FoodScan™</p> 	<p>Любые типы образцов молотого или гомогенизированного мяса, сырое мясо, мясные полуфабрикаты, фарш для сосисок и колбас различных рецептур</p>	<p>Жир, влажность, белок, коллаген, соль, активность воды и зольность, а также другие параметры, такие как крахмал, рН, углеводы и др., при разработке – специальные калибровки</p>	<p>Пропускание в ближнем ИК-диапазоне. Проверка входящего сырья, контроль технологических процессов и конечных продуктов. Минимальная пробоподготовка, масса образца – 200 г. Время анализа – менее 50 с</p>



Рис. 16. Инфракрасный анализатор СибСКАН

Некоторые универсальные ИК-анализаторы наряду с измерением показателей качества мясной продукции позволяют выполнять измерения и показателей молочной продукции. Так, «Сибагроприбором» (Россия) выпускаются инфракрасные анализаторы нового поколения **СибСКАН**, позволяющие проводить экспресс-анализ любых жидких, пастообразных и сухих размолотых продуктов на основные нормируемые показатели (рис. 16).

Анализаторы работают в ближней инфракрасной области, поэтому требуют минимальной подготовки образцов и позволяют определять сразу несколько показателей одновременно. Время анализа – не более 3 мин.

Действие ИК-анализатора для контроля состава пастообразных и размолотых продуктов основано на методике диффузного отражения в ближней инфракрасной области спектра. На образец продукта воздействует излучение на 240 длинах волн в диапазоне 1200-2400 нм (табл. 29).

Таблица 29

Основные технические характеристики анализатора СибСКАН

Показатели	Значение
1	2
Спектральный диапазон, нм	1200-2400
Приемник	Матрица из сульфида свинца (PbS)
Время измерения (не более), мин	3 (для всех параметров)
Объем пробы, см ³	20
Время прогрева, мин	30
Индикация результата с дискретностью отчета, %	0,01

1	2
Подключение к компьютеру	RS232 (последовательный COM-порт), USB
Электропитание, В/Гц	220(±10)/50
Габаритные размеры, мм	500×350×200
Масса, кг	8

Излучение, диффузно отраженное от образца, собирается на специальные приемники, где преобразуется в электрический сигнал, усиливается и выводится на ПК по специальной программе в виде цифровых значений содержания анализируемых показателей. Кроме показателей качества молочной продукции, анализатор СибСКАН позволяет определить показатели мяса и мясной продукции (табл. 30) [76, 77].

Таблица 30

**Показатели качества,
определяемые анализатором СибСКАН**

Область применения	Анализируемые продукты	Определяемые параметры качества
Молочная продукция	Молоко, сливки, йогурт, сметана, творог и творожки, сыр, сливочное масло, сухое молоко, сыворотка, детское питание	Жир, белок, лактоза, влажность, СОМО и др.
Мясная продукция	Сырое мясо говяжье, свиное, куриное (фарши), полуфабрикаты мясные, готовая продукция (сосиски, колбасы)	Жир, белок, влажность, коллаген, соль и др.

Анализатор может быть отградуирован под анализируемый продукт. Предусмотрено расширение перечня определяемых показате-

лей качества. Результаты анализа выводятся на дисплей компьютера для распечатки и сохранения в текстовом виде.

Универсальный БИК-анализатор **ИнфраЛЮМ® ФТ-12** от компании Люмэкс (см. рис. 11) позволяет анализировать разные виды сельскохозяйственной и пищевой продукции при одновременном определении всех показателей за 1,5 мин без размораживания для большинства образцов, без использования реактивов и расходных материалов [78, 79].

Это стационарный лабораторный прибор, который может быстро определить состав и качество основных анализируемых образцов:

- зерновые и масличные культуры, комбикорма;
- молоко (белок, жир, сухое вещество, лактоза);
- сыры, творог, йогурты, сухое молоко (белок, влажность, жир, соль, сахар и др.);
- продукты переработки мяса (жир, влага, белок), масло сливочное и др. (табл. 31).

Таблица 31

**Диапазоны измерений и погрешности определения показателей
БИК-анализатором ИнфраЛЮМ® ФТ-12**

Показатели	Диапазон измерений, %	Стандартное (среднее квадратическое) отклонение по градуировочной модели
Массовая доля:		
жира	0,8-54	0,98
влаги	24-78	0,8
белка	6,9-29	0,7
зола	0,5-3,3	0,33
Содержание:		
каррагинана	0-6,0	0,3
сухого молока	0-7,5	1,0

При необходимости перечень анализируемых объектов и показателей может быть расширен, в том числе дистанционно. Для обеспечения единства измерения показателей качества продукции возможна организация региональных (корпоративных) сетей с едиными градуировками.

4.5. Титриметрические методы и приборы

В молочной промышленности для определения отдельных показателей исходного сырья, полуфабрикатов и производимой продукции используют в основном электрохимические методы анализа, например потенциметрический анализ. Наиболее эффективным с точки зрения экономических затрат, точности, оперативности и возможности автоматизации является потенциметрическое титрование, которое может применяться для установления кислотности и белков молока [80].

В качестве основного показателя кислотности среды принят показатель рН, который характеризует качество большинства пищевых продуктов и применяется для контроля биохимических процессов, происходящих при переработке и хранении сельскохозяйственной и пищевой продукции.

Кислотность молока является одним из главных показателей его качества и обуславливается наличием кислых солей белков, углекислоты и др. Повышение кислотности молока при хранении вызывается развитием микроорганизмов, сбраживающих молочный сахар. Кислотность выражают в единицах титруемой кислотности (градусы Тернера) и величиной рН при 20°C. Под градусом Тернера понимают количество миллилитров 0,1 н раствора едкого натрия (калия), необходимого для нейтрализации 100 мл (100 г) молока или продукта.

Активная кислотность (рН) – показатель, выражающий концентрацию ионов водорода молока. Между рН и титруемой кислотностью установлена определенная связь [81].

Стандарт ГОСТ 3624-92 распространяется на молоко, молочные и молокосодержащие продукты и устанавливает титриметрический метод определения кислотности с потенциметрическим способом

регистрации конечной точки титрования, с применением индикатора фенолфталеина – метод определения предельной кислотности молока. Метод основан на нейтрализации кислот, содержащихся в продукте, раствором гидроокиси натрия до заранее заданного значения $pH = 8,9$ с помощью блока автоматического титрования и индикации точки эквивалентности при помощи потенциометрического анализатора.

ГОСТ 3624-92 допускает применение других средств измерения с метрологическими характеристиками и оборудования с техническими характеристиками не хуже, а также реактивов по качеству не ниже указанных в этом ГОСТе.

Целью титрования является установление эквивалентного объема титранта – вещества, вступающего в реакцию с титруемым веществом, т.е. такого объема, в котором содержится столько же эквивалентов титранта, сколько эквивалентов титруемого вещества присутствует в пробе.

Популярность метода обусловлена тем, что он не требует предварительной градуировки приборов. Титриметрия наиболее широко применяется при определении высоких и средних концентраций веществ в растворах (до 10 мг/л). Для определения более низких концентраций веществ применять титриметрию нецелесообразно, так как это требует предварительного концентрирования, что заметно удлиняет анализ и увеличивает погрешность измерения. В среднем относительная ошибка титриметрических измерений не превышает 2% и определяется классом используемой мерной посуды.

С помощью титриметрического анализа можно определить концентрацию практически любого неорганического или низкомолекулярного органического вещества. Необходимым условием успешного титрования является наличие подходящей объемной химической реакции, протекающей быстро, полно и стехиометрично и приводящей к заметным изменениям каких-либо физико-химических свойств системы (цвет, величина pH , окислительно-восстановительного потенциала и т.д.).

Методы титрования можно разделить на объемные (титрантом служит раствор, цель титрования – установить объем раствора, идущего на титрование) и кулонометрические (в данном случае титран-

том является вещество, генерируемое протекающим электрическим током непосредственно в растворе; его количество можно определить по закону Фарадея) [5].

Объемные методы можно разделить по способу регистрации конечной точки титрования на фотометрические, турбидиметрические, потенциометрические, амперометрические и кондуктометрические.

Фотометрический и турбидиметрический методы наиболее широко применяются в лабораториях. В этих методах изменение окраски раствора (фотометрический метод или метод индикаторного титрования) или появление осадка (турбидиметрический метод) определяется визуально. В таком варианте для титрования нужны только комплект лабораторной посуды и реактивы. В соответствующих титраторах в качестве регистрирующего устройства используют фотоэлемент.

Потенциометрический метод титрования основан на измерении потенциала индикаторного электрода, погруженного в раствор. Величина этого потенциала пропорциональна концентрации соответствующих ионов в растворе. Потенциал индикаторного электрода определяют, сравнивая его с постоянной величиной потенциала электрода сравнения. Обычно в качестве электрода сравнения применяют нормальный водородный или каломельный электрод.

Зависимость величины потенциала индикаторного электрода от концентрации раствора позволяет установить точку эквивалентности при титровании, так как в этой точке концентрация определяемого иона становится ничтожно малой, что приводит к резкому изменению (скачку) потенциала.

Амперометрическое титрование, в отличие от потенциометрического, не требует установления равновесия в растворе. Оно основано на изменении силы тока, протекающего через раствор по мере титрования. Метод требует аппаратного оформления, позволяющего измерять силу тока.

Кондуктометрическое титрование основано на изменении электропроводности растворов в процессе титрования. Метод требует хорошего аппаратного оформления. Широко применяется для определения слабых кислот и оснований в водных растворах, концентрации плавиковой кислоты.

Для определения одного и того же вещества может быть использовано несколько методов титрования. Выбор зависит от необходимой точности и скорости анализа, имеющегося оборудования и требований нормативных документов.

Объемное титрование по типу реакции, лежащей в их основе, можно разделить на четыре вида: кислотно-основное, осадительное, окислительно-восстановительное и комплексометрическое [82]. Титрование применяется в большинстве аналитических лабораторий для измерения кислотности молока и молочной продукции, белка и других показателей.

Для этого используются специальные приборы-титраторы, работающие полностью или частично в автоматизированном режиме. Автоматические титраторы состоят из нескольких основных частей: блока титратора, системы дозирования, электрода, мешалки и системы управления.

Такие титраторы самостоятельно добавляют титрант, регистрируют полученные данные и выводят их в виде классической кривой титрования, а также рассчитывают полученные данные. Использование современных технологий измерения в титраторе, позволяет получать максимально точные и воспроизводимые результаты,

легко запускать анализ и изменять настройки метода, практически полностью избегать ошибок лаборанта в ходе анализа. Число наименований таких устройств, а также рынок рН-метров представлены значительным количеством приборов отечественного и зарубежного производства.

Компанией «Аквилон» (Россия) выпускается автоматизированный потенциометрический титратор АТП-02 (рис. 17, табл. 32). Прибор отвечает всем требованиям, предъявляемым к данному классу оборудования: непрерывная и дискретная подача титранта (диапазон от 0,1 до 36 мл/мин – при объёме дозирующего устройства 20 мл; от 0,25 до 90 мл/мин – при объёме дозирующего устройства 50 мл), авто-



Рис. 17. Автоматический потенциометрический титратор АТП-02

матическое изменение скорости подачи по мере приближения к точке эквивалентности или заданной точке и т.д.; позволяет проводить титрование с использованием следующих методов: общий метод потенциометрического титрования, кислотно-основное титрование, титрование по методу осаждения и др.

Таблица 32

**Техническая характеристика
потенциометрического титратора АТП-02**

Показатели	Значение
Максимальный объём дозирующего устройства	20,0; 50,0
Дискретность отсчета объема титранта, мл	0,001
Основная относительная погрешность дозирования, %	0,15
Диапазон измерения: напряжения, мВ величины рН (рХ), ед. рН (рХ) температуры, °С	От -2000 до 2000 От -20 до 20 От 0 до 100
Основная абсолютная погрешность измерения: напряжения, мВ величины рН (рХ) для одновалентных и двухвалентных ионов соответственно, ед. рН (рХ) температуры, °С	1,0 0,01; 0,02 1,0
Потребляемая мощность (без ПК), Вт	40,0
Электропитание, В/Гц	220(±22)/50
Габаритные размеры, мм	210×220×310
Масса, кг	5

Титратор управляется с помощью программного комплекса Titrate-5.0 – осуществляет полное управление прибором в процессе измерений, проводится обработка данных, рассчитываются метрологические характеристики полученных результатов, реализуются хранение информации и печать протоколов измерений.

В зависимости от решаемой задачи и квалификации оператора программа Titrate-5.0 может работать в двух режимах: «Анализатор» и «Исследователь».

Режим «Анализатор» реализует проведение измерений в точном соответствии с методикой и нормативными документами при полной автоматизации процесса получения результата.

Этот режим наиболее продуктивно применяется при ежедневных измерениях и позволяет минимизировать погрешности и ошибки, вносимые оператором. Программа ведет оператора по всей методике, при необходимости выводит нужные подсказки, информирует о возможных ошибках. В этом режиме также возможно использование целевых программ, входящих в состав комплекса.

В режиме «Исследователь» можно осуществлять создание собственных и корректировку существующих методик выполнения измерений, разработку новых и изменение существующих механизмов обработки результатов измерений, корректировку существующих протоколов и печатных форм и др.

К титратору АТП-02 разработана целевая программа для выполнения измерений при контроле качества молока Titrator Молоко-К для измерения кислотности молока и молочных продуктов по ГОСТ 3624-92.

При соответствующей комплектации титратора АТП-02 можно реализовать с высокой точностью значительное количество методов и методик потенциометрического титрования для измерения показателей, характеризующих качество молока и молочной продукции (табл. 33).

Таблица 33

Определяемые показатели при стандартной комплектации АТП-02

Определяемые параметры	Вид титрования (нормативный документ)	Реакция, лежащая в основе титрования (электрод индикаторный/электрод сравнения)	Требования к электродам
1	2	3	4
Кислотность молока и молочных продуктов	Кислотно-основное титрование до заданного значения рН (ГОСТ 3624-92)	$H^+ + OH = H_2O$ стеклянный/ хлорсеребряный	Комбинированный электрод либо пара электродов. Нельзя применять электроды в пластмассовом корпусе

1	2	3	4
Содержание хлористого натрия в молочных продуктах	Осадительное титрование (ГОСТ 3627-81), титрование с индикатором	$Ag^+ + SCN^- = AgSCN \downarrow + Cl^-$ $Ag^+ + Cl^- = AgCl \downarrow$ серебряный/ хлорсеребряный	Комбинированный электрод либо пара электродов. Электрод сравнения заполняют раствором нитрата калия
	Кислотно-основное титрование до заданного значения pH (ГОСТ 3627-81)	$H^+ + OH^- = H_2O$ стеклянный/ хлорсеребряный	Комбинированный электрод либо пара электродов
Содержание общего азота по Кьельдалю и белка в молоке и молочных продуктах	Кислотно-основное титрование до заданного значения pH (ГОСТ 23327-98)	$OH^- + H^+ = H_2O$ стеклянный/ хлорсеребряный	Комбинированный электрод либо пара электродов. Нельзя применять электроды в пластмассовом корпусе
Содержание белка в молоке	Кислотно-основное титрование до заданного значения pH (ГОСТ 25179-14)	$H^+ + OH^- = H_2O$ стеклянный/ хлорсеребряный	
Раскисление молока	Два кислотно-основных титрования до заданного значения pH (ГОСТ 30648.4-99)	$OH^- + H^+ = H_2O$ $H^+ + OH^- = H_2O$ стеклянный/ хлорсеребряный	
Содержание соды в молоке	Кислотно-основное титрование до заданного значения pH (ГОСТ 24065-80)	$H^+ + OH^- = H_2O$ стеклянный/ хлорсеребряный	Комбинированный электрод либо пара электродов
Кислотность молочных сгущенных консервов и молочных сухих продуктов	Кислотно-основное титрование до заданного значения pH (ГОСТ 30305.3-95)	$H^+ + OH^- = H_2O$ стеклянный/ хлорсеребряный	Комбинированный электрод либо пара электродов. Нельзя применять электроды в пластмассовом корпусе

1	2	3	4
Содержание сахаров в молочных консервах	Окислительно-восстановительное титрование (ГОСТ 29248-91), титрование с индикатором	$I_2 + 2S_2O_3^{2-} = 2I^- + S_4O_6^{2-}$ платиновый/ хлорсеребряный	Комбинированный электрод либо пара электродов
Кислотность молочных продуктов для детского питания	Кислотно-основное титрование до заданного значения pH (ГОСТ 30648.4-99)	$H^+ + OH^- = H_2O$ стеклянный/ хлорсеребряный	Комбинированный электрод либо пара электродов.
Содержание общего белка в молочных продуктах для детского питания	Кислотно-основное титрование до заданного значения pH (ГОСТ 30648.2-99)	$OH^- + H^+ = H_2O$ стеклянный/ хлорсеребряный	Нельзя применять электроды в пластмассовом корпусе
Содержание сахарозы в молочных продуктах для детского питания	Окислительно-восстановительное титрование (ГОСТ 30648.7-99), титрование с индикатором	$I_2 + 2S_2O_3^{2-} = 2I^- + S_4O_6^{2-}$ платиновый/ хлорсеребряный	Комбинированный электрод либо пара электродов
Свободная кислотность казеинов	Кислотно-основное титрование до заданного значения pH (ГОСТ Р 51468-99)	$H^+ + OH^- = H_2O$ стеклянный/ хлорсеребряный	Комбинированный электрод либо пара электродов
Содержание белка в казеинах и казеинатах	Кислотно-основное титрование до заданного значения pH (ГОСТ Р 51470-99)	$OH^- + H^+ = H_2O$ стеклянный/ хлорсеребряный	
Кислотность и кислотное число животных и растительных жиров и масел	Кислотно-основное титрование (ГОСТ Р 50457-92, ГОСТ 8285-91)	$H^+ + OH^- = H_2O$ стеклянный/ хлорсеребряный	Только пара электродов. Нельзя применять электроды в пластмассовом корпусе

Широкую гамму титраторов выпускает компания «HANNA Instruments» (Германия). На рис. 18 представлены титраторы мод. HANNA I902C, HANNA I903, HANNA I904 [83].



а

б

с

Рис. 18. Титраторы мод. HANNA I902C (а), HANNA I903 (б), HANNA I904 (с) компании «HANNA Instruments»

Титровальная станция **HI902C** предназначена для автоматического титриметрического анализа, выполняет кислотно-основное, окислительно-восстановительное, комплексонометрическое и осадительное титрование. Дозирование титранта, определение точки окончания титрования и расчеты выполняются автоматически. Параллельно анализу автоматически выводится на дисплей график зависимости рН или мВ от объема титранта.

Помимо автоматического титрования, HI902C снабжен расширенными функциями рН-метра и иономера с калибровкой по пяти точкам. Динамическое дозирование позволяет достигать более точных результатов, регулируя дозируемый объем титранта в зависимости от величины отклика электрода. При этом в начале анализа титрование происходит большими порциями, а по мере достижения точки эквивалентности порции становятся меньше для более точного результата.

Стандартная вместимость бюретки – 25 мл, но в зависимости от требуемого объема титранта можно использовать бюретки по 5, 10, 25 или 50 мл. Привод бюретки имеет разрешение в 40 тыс. шагов, что гарантирует высокую точность дозирования. К титратору HI902C легко подключить автосамплер с каруселью на 16 или 18 позиций, к титро-

вальной станции можно одновременно подключить до двух электродов, мешалок и бюреток, кроме того, принтер, клавиатуру, монитор или проектор. В отчет можно включать всю необходимую информацию, в том числе код образца, название лаборатории и имя оператора, дату и время, номер электрода и информацию о калибровке.

Волюметрический титратор Карла Фишера **HI903** автоматически определяет содержание воды в образцах в диапазоне от 100 мг/л до 100%, имеет динамическое дозирование, автоматически подает титрант, находит конечную точку, строит график и вычисляет результат.

Титратор HI903 автоматически учитывает в расчетах воздействие влаги, которая может проникать в титровальную ячейку из окружающей среды. Вода, которой изначально не было в образце, не учитывается. Несколько результатов титрования одного образца усредняются автоматически. В памяти можно хранить до 100 фирменных или пользовательских методов. Каждый фирменный метод можно подстраивать не для лучшего результата.

Кулонометрический титратор Карла Фишера **HI904** предназначен для определения следовых количеств воды в образцах. Диапазон определения – от 1 мг/л до 5%. Титратор автоматически контролирует протекание реакции, находит конечную точку, строит график и вычисляет результат. Так же, как в титраторе HI903, в памяти можно хранить до 100 пользовательских методов, подстраивать их для лучшего результата.

Для указанных трех моделей титраторов разработаны специальные комплекты методов титрования для мясной, молочной промышленности и других производств.

Специально для определения кислотности в молочных продуктах методом кислотно-основного титрования предназначен мини-титратор **HI 84529** компании «HANNA Instruments» (рис. 19).



*Рис. 19. Мини-титратор HI 84529
компании «HANNA Instruments»*

Кислотность может выражаться в различных единицах в зависимости от выбранного метода: процентах молочной кислоты, градусах Сокслета, Дорника или Тёрнера.

Используемые в HI 84529 методы основаны на международных стандартах AOAC International и Standard Methods for the Examination of Dairy Products. Результат отображается в процентах молочной кислоты, для пересчета в другие единицы используется коэффициент пересчета. Возможно использование разбавленных образцов.

Прибор может проводить измерения в высоком и низком диапазонах концентраций (имеются необходимые принадлежности, титранты и реагенты для калибровки и обслуживания прибора), он автоматически определяет время окончания титрования, оснащен системой динамического дозирования, что позволяет обеспечить точность измерения и сократить время проведения анализа. Мини-титратор HI 84529 сертифицирован (регистрационный № 64387-16) [83].

Значительную номенклатуру титраторов выпускают компании «Mettler Toledo» (Швейцария) и «SI Analytics» (Германия).

Приборы фирмы «Mettler Toledo» имеют надежную и удобную для работы конструкцию. Широкий модельный ряд включает в себя более 15 моделей. Это и простые автотитраторы G20, Easy pH, и сверхвысокопроизводительные установки Titration Excellence T90, способные одновременно выполнять несколько титрований.

Титратор **G20** разработан специально для выполнения несложных методик на производстве, учебных и исследовательских целей (рис. 20) [84]. Титрант и датчик автоматически распознаются системой при подключении (титр, концентрация, калибровочные данные хранятся в памяти электрода и бюретки). Замену растворителей можно автоматизировать с помощью набора Solvent Manager, прибор дооснастить дополнительным модулем дозирования, автоподатчиком образцов, что позволит не только повысить производительность, но и автоматизировать процесс калибровки.



Рис. 20. Титратор G20 компании «Mettler Toledo»

В титратор заложены более 30 встроенных методик анализа, широкий выбор электродов для титрования самых разных образцов, включая «пищевые», шаг титрования – $1/20000$, масса – 4,2 кг. Выполняемые анализы: кислотно-основное, окислительно-восстановительное титрование, измерение pH – титрования по методу осаждения (Cl, Br, ...), аргентометрия, ионоселективные измерения, комплексонометрическое титрование и др.



Рис. 21. Титратор автоматический Easy pH («Mettler Toledo»)

Автоматический титратор **Easy pH** компании «Mettler Toledo» предназначен для автоматического кислотно-основного титрования до конечной точки pH или точки эквивалентности, а также для простых измерений pH (рис. 21). Анализ образцов возможен комбинированными pH-электродами для водных и неводных сред: кислотности соков, вин и молока, содержания свободных жирных кислот в пищевых жирах и др.

Титратор обеспечивает автоматическое проведение титрования и расчет результатов измерений в соответствии с выбранной единицей измерения, имеет встроенную диагностику. Применяемая технология iTitrate позволяет создавать пользовательские методы. Работа под управлением ПО EasyDirect Titration повышает эффективность, позволяет управлять титратором, настраивать и редактировать методы, анализировать и документировать данные титрования. Диапазон измерения – 0-14 pH, габаритные размеры – 170×220×350 мм, масса – 1,9 кг [85].

Компанией «Mettler Toledo» выпускаются также титраторы серии Easy: Easy Cl (определение содержания хлоридов), Easy Ox (содержание витамина С, определение перекисного числа), Easy Pro (содержание хлоридов, воды и др.), Easy KFV (содержание воды).

Автоматический титратор **Titration Excellence T90** (рис. 22, табл. 34) – универсальный, профессиональный титратор с широкими возможностями. Система титрования позволяет решать достаточно сложные задачи, возможно проведение модернизации двумя платами датчиков (pH/мВ и/или кондуктометрии), семью модулями дозирования и титрования, имеет параллельное титрование и

интеллектуальные методы с условиями «если ..., то ...».

Рис. 22. Автоматический титратор Titration Excellence T90



Таблица 34

Техническая характеристика титратора Titration Excellence T90

Показатели	Значение
Число бюреток: внутренних	1
внешних для дозирования и титрования (опция)	7
Шаг дозирования на объём бюретки	1/20000
Методы «Mettler Toledo»	> 30
Число:	
методов в памяти	120
функций в методе	150
циклов в методе	6
выполняемых заданий	30
одновременно выполняемых заданий	8
Габаритные размеры, мм	210×246×250
Масса, кг	4,3

Титраторы этой серии сочетают в себе возможность автоматизации титрований любого типа, при этом удобны и понятны в использовании. Титратор T90 позволяет реализовать кислотно-основное, осадительное, окислительно-восстановительное титрование, комплексометрическое титрование, титрование по изменению окраски, титрование ПАВ, титрование по методу Карла Фишера, прямое измерение pH, концентрации ионов и УЭП, pH-статирование и вольтамперометрическое титрование.

Титратор T90 имеет возможность параллельного и одновременного титрования, может использоваться для автоматизации любых сложных методик титрования, включая онлайн-титрование, осуществлять одновременное титрование двух серий образцов на двух независимых автосемплерах Rondo. Условные функции позволяют

титратору Т90 автоматически решать, как должно идти титрование. Например, сначала он может измерить рН и в зависимости от полученного результата принять решение добавить кислоту или щёлочь.

Для измерения величины рН и других показателей компания «SI Analytics» (Германия) выпускает титраторы серии TitroLine 5000, 6000, 7000, 7750, 7800 [86-90].

TitroLine® 5000 представляет собой комбинацию точной автобюретки, рН/мВ-метра и встроенного микрокомпьютера, имеет линейный и динамический режимы титрования с автопоиском точки эквивалентности, режим дозирования и ручного титрования с помощью «мыши». Титрование производится до конечной точки рН и мВ, могут быть заданы две конечные точки в одном анализе.

Управление осуществляется с помощью клавиш на передней панели – для выполнения какой-либо процедуры достаточно выбрать и активизировать нужную функцию меню из встроенной библиотеки стандартных методов, таких как щёлочность, общая кислотность, содержание хлоридов (рис. 23, табл. 35).



Рис. 23. Титраторы TitroLine 5000 (а), TitroLine 7000 (б), TitroLine 7750 (с) (компания «SI Analytics»)

На графическом дисплее отображаются все функции, а также кривая титрования в режиме реального времени.

**Сравнительная техническая характеристика
титраторов компании «SI Analytics» серии TitroLine**

Показатели	TL 5000	TL 6000	TL 7000	TL 7500
Область применения	Общая кислотность молока, содержание соли в пищевых продуктах, азота (белка) и др.	Общая кислотность в пищевых продуктах, содержание кальция и белка в молоке и молочных продуктах и др.	Общая кислотность в пищевых продуктах и др.	Общая кислотность в пищевых продуктах, титрование по Карлу Фишеру, определение бромного числа и др.
Диапазон/точность измерений, рН	От -3 до 17/±0,05	От -4 до 18/ ±0,002		
Диапазон/точность измерений, мВ	От -1900 до 1900/±1	От -2000 до 2000/±0,1		
Диапазон/точность измерений температуры, °С	От -30 до 115/±0,5	От -75 до 175/±0,2		
Объем бюретки, мл	20, 50	5, 10, 20,50		
Погрешность дозирования, %	0,15			
Число пользовательских методов	5	15	50	
Габаритные размеры, мм	135×310×205	153×450×295		
Масса, кг	2,3	3,5		

Титратор автоматический **TitroLine® 6000** предназначен для выполнения широкого круга анализов, имеет большие возможности автоматизации стандартных методов, исключая ошибки оператора и обеспечивающие высокие характеристики точности результатов. Позволяет выполнять потенциометрическое, биамперометрическое и ручное титрование. Данные о титранте хранятся в интеллектуальных

взаимозаменяемых модулях. Вывод кривой титрования осуществляется в режиме реального времени. Переход от одной методики к другой выполняется путем замены модуля за считанные секунды.

Применяется при анализе пищевых продуктов и определении содержания соли (хлорид, хлорид натрия), pH, общей кислотности в винных напитках и пищевых продуктах, аскорбиновой кислоты (витамина С), кальция в молоке и молочных продуктах, определения белка по Кьельдалю в молоке и молочных продуктах, перексидного числа, свободных жирных кислот, числа омыления и других показателей.

Прибор состоит из микропроцессорного измерительно-управляющего блока, сменного дозирующего взаимозаменяемого устройства с точной автобюреткой и магнитной мешалки со штативом и держателем электродов. Титратор имеет свидетельство об утверждении типа средств измерений (СИ) № 56289-14.

Титратор **TitroLine® 7000** – универсальный, компактный прибор с большими возможностями автоматизации стандартных методов для выполнения широкого круга анализов.

Главная отличительная черта прибора TitroLine® 7000 – быстроменяемые дозирующие модули, снабженные высокоточной поршневой автобюреткой для различных объемов. Для того чтобы перейти от одной методики к другой, достаточно заменить модуль, что выполняется за считанные секунды. На графическом дисплее отображаются все функции, а также кривая титрования в режиме реального времени. Управление осуществляется с помощью 11 клавиш на передней панели – для выполнения какой-либо процедуры достаточно выбрать и активизировать нужную функцию меню. Для дистанционного управления и ручного титрования имеется «мышь».

Титратор **TitroLine 7750** – универсальный прибор, предназначенный как для **потенциометрического**, так и волюмометрического **титрования по Фишеру**. Прибор имеет высококонтрастный полноцветный дисплей, быстросъемные взаимозаменяемые титрующие модули с автобюретками. Титровальный стенд с магнитной мешалкой и встроенным насосом обеспечивает автоматическую смену реагентов – откачку оттитрованной пробы и добавление свежего растворителя в сосуд для титрования. Непрерывное онлайн отображение кривой титрования и дрейфа на дисплее дает возможность постоян-

ного наблюдения за процессом. Многочисленные порты позволяют быстро и просто подсоединить принтер, весы, компьютер, автосэмплер и другие устройства.


Так же, как прибор TitroLine® 7000, позволяет быстро заменять дозирующие модули, снабженные высокоточной поршневой автобюреткой, на различные объемы.

Важной особенностью нового модернизированного автоматического титратора **TitroLine 7800** являются возможность использования интеллектуальных модулей и наличие дополнительного цифрового канала для измерений, который дает возможность применять одновременно датчики рН и проводимости без использования внешнего кондуктометра.

Многолетний опыт разработки и применения для контроля качества и безопасности продукции в пищевой и других отраслях титриметрических методов имеет компания «Metrohm» (Швейцария). Ею разработано около 1300 методик измерения, создано более 10 моделей приборов серий Titrino Plus, Ti-Touch, Titrande, реализующих титраметрический метод измерения показателей. В табл. 36 представлена характеристика титраторов «Metrohm», предназначенных для оценки и контроля качества пищевой, в том числе молочной и мясной продукции [91].

Таблица 36

Основная характеристика потенциометрических титраторов компании «Metrohm»

Название и изображение	Характеристики
1	2
<p data-bbox="180 1013 333 1065">Титратор 848 Titrino plus</p> 	<p data-bbox="398 1013 959 1388">Компактный автоматический титратор для потенциометрического титрования. Вся электроника, дозирующая система с бюреткой, измерительные интерфейсы и порты, а также жидкокристаллический дисплей расположены в одном модуле. Для работы достаточно выбрать методику и подходящие электроды и запустить программу титрования. Дозирующая бюретка «с интеллектом» (встроенный чип данных). Дискретность дозирования – 10000 шагов на объем бюретки. Выполняет динамическое и монотонное титрование с автоматическим определением точки эквивалентности, а также титрование до конечной точки</p>

1	2
<p>Титратор 848 Titropackage Plus</p> 	<p>Позволяет проводить любой вид потенциометрического анализа с автоматической сменой образцов: титрование до конечной точки, монотонное титрование до точки эквивалентности, динамическое титрование до точки эквивалентности, измерение рН. Кривая титрования – в режиме реального времени. Имеет более 120 предустановленных методов титрования, прямое подключение весов и принтера, возможность работы с 12 образцами, графический дисплей с отображением кривой титрования</p>
<p>Food/Beverage Titrino plus</p> 	<p>Компактный автоматический титратор для решения наиболее распространенных задач по анализу пищевых продуктов и напитков, базируется на титраторе мод. 848 Titrino plus, укомплектованном отдельно подключаемой мешалкой и стационарным дозатором с бюреткой на 20 мл. Имеет 100 подробных методов титрования</p>
<p>Титратор 877 Titrino plus</p> 	<p>Компактный автоматический титратор для потенциометрического титрования. Новейшей версией является сменная бюретка, которая может подавать реагенты с уникальным разрешением в 20000 шагов на объем цилиндра. Сменная бюретка оснащена чипом данных, хранящим необходимую информацию как о бюретке, так и о титранте. Информация с бюретки автоматически считывается при подключении ее к прибору. Кривая титрования – в режиме реального времени</p>
<p>Титратор 907 Titrando</p> 	<p>Универсальный потенциометрический автоматический титратор. Имеет широкие возможности автоматизации титрования и пробоподготовки, модульную конструкцию, позволяющую подключать дополнительные устройства, обеспечивает все виды титрования (до конечной точки, монотонное, динамическое, волюметрическое и др.), работает с интеллектуальными и совместим со всеми существующими электродами. Многофункциональный модуль управления позволяет создавать различные базы данных</p>

По данным компании «Metrohm», все титраторы могут быть применены для контроля качества и безопасности продукции животноводства с помощью подбора специальных электродов, которые являются самой важной составляющей всей системы титрования. В приборах компании «Metrohm» применяется новое поколение электродов «с интеллектом». Встроенный чип данных позволяет сохранять важные параметры электрода, такие как название и серийный номер, калибровку, историю калибровки, срок службы электрода и действия калибровки. Все данные считываются и передаются автоматически при подключении к титратору. Электрод идентифицируется автоматически. Если тип электрода не совпадает с указанным в методе, пользователь уведомляется об этом. Это исключает использование неправильного электрода и позволяет получить точный достоверный результат. Функция контроля позволяет установить электроды с просроченной или неверной калибровкой. Если электрод используется с различными приборами, то в этом случае данные по калибровке, сохраненные на чипе, делают его мобильным: не требуется перекалибровка электрода при подключении к разным приборам. Титраторы Titrand с новым цифровым измерительным входом для электродов «с интеллектом» также снабжены аналоговыми разъемами для подключения обычных электродов.

4.6. Ионометрические методы и приборы

При измерении величины рН, характеризующей кислотность, потенциометрическим методом концентрацию водородных ионов можно определить по потенциалу, который возникает на границе различных электродов, помещенных в исследуемый раствор. При погружении электрода в раствор на границе электрод-раствор возникает электрический потенциал, так как ионы электрода переходят в раствор. При этом электрод заряжается положительно, а пограничный слой раствора – отрицательно.

Возникающие пограничные потенциалы функционально связаны с активной концентрацией ионов водорода. Для измерения разности этих потенциалов приборы для измерения рН состоят из двух элементов или электродов. Потенциал одного из них прямо или кос-

венно зависит от концентрации определяемых ионов, его называют индикаторным электродом; второй электрод, относительно которого измеряется потенциал индикаторного электрода, называется электродом сравнения.

Таким образом, с помощью рН-метра измеряют разность потенциалов между двумя электродами, помещенными в раствор. Основой такой системы является индикаторный электрод, потенциал которого зависит от рН. В настоящее время выпускаются комбинированные стеклянные электроды, представляющие собой измерительное устройство, объединяющее в одном корпусе стеклянный электрод и электрод сравнения. Такие электроды удобны в обращении и широко распространены в лабораторной практике во всем мире.

Выпускаются различные модификации стеклянных и комбинированных электродов – для общего назначения, применения в лабораториях, измерения в пробах малого объема, измерения показателя кислотности конкретной сельскохозяйственной и пищевой продукции (молоко, мясо, сыры, фрукты, овощи, масло, джемы и др.).

В приборах для измерения рН в качестве измерительного электрода используют стеклянный рН-электрод, который селективен к ионам водорода. Также используются электроды, селективные к другим ионам, например селективные к ионам K^+ , Na^+ , NO_3^- (нитраты), NO_2^- (нитриты), Cl^- (хлориды) и др.

Применение эталонных, так называемых буферных растворов, с точно известным значением рН позволяет использовать «инструментальный» метод измерений рН на основе калибровки приборов путем измерения потенциала электрода E в буферном растворе с известным значением рН и в анализируемом растворе.

Буферные растворы эксплуатируются довольно часто, так как измерения рН (активность ионов-рХ) относятся к косвенным, т.е. измеряется величина электродвижущей силы (ЭДС), значение которой является функцией концентрации ионов, температуры раствора и изменений параметров измерительного электрода. Чтобы учесть эти зависимости, выполняется градуировка прибора, при которой устанавливается однозначная зависимость между значениями рН буферных растворов или значениями рХ растворов сравнения и показаниями прибора.

При практическом анализе и измерении кислотности необходимо учитывать влияние примесей на потенциал ионоселективного электрода. Для этого применяется коэффициент селективности – количественная характеристика избирательности электрода. Чем меньше коэффициент селективности, тем выше избирательность электрода к ионам, для которых он предназначен. Например, при коэффициенте селективности $K = 10^{-3}$ определяемый ион влияет на потенциал в 1000 раз сильнее, чем мешающий ион. Если коэффициент селективности $K = 1$, то мешающие и определяемые ионы вносят одинаковый вклад в электродный потенциал.

В современных приборах для определения рН, как правило, измеряют потенциал в нескольких калибровочных буферных растворах (двух-трех). На основе полученных данных прибор определяет и запоминает действительную крутизну водородной характеристики электрода. Затем измеряется потенциал электрода в анализируемом растворе и вычисляется значение рН. Для снижения погрешности измерения значений рН в современные рН-метры (ионометры) введены блоки автоматической термокомпенсации.

В настоящее время рынок рН-метров представлен приборами отечественного и зарубежного производства. Для измерения активности ионов водорода – рН, окислительно-восстановительного потенциала – Eh (так называемый редокс-потенциал, характеризующий степень активности электронов в окислительно-восстановительных реакциях) и температуры в пищевой продукции и сырье, питьевой воде, объектах окружающей среды и производственных системах контроля технологических процессов ЗАО «Аквилон» (Россия) выпускает прибор рН-420 (рис. 24). Это новое поколение профессиональных рН-метров, являющихся продолжением серии рН-метров рН-410, с новыми функциональными возможностями, которые имеют стационарные приборы ведущих зарубежных производителей [92].



Рис. 24. Прибор для измерения активности ионов водорода рН-420

Прибор **pH-420** имеет автоматическую термокомпенсацию, упрощенный ввод координат изопотенциальной точки, удобную и быструю калибровку, значения pH стандартных буферных растворов уже внесены в память прибора, по окончании процесса калибровки на индикаторе отображается значение крутизны водородной характеристики электрода. Прибор совместим с электродами большинства отечественных и зарубежных производителей, в том числе комбинированными. В памяти прибора сохраняется до 100 результатов измерений (табл. 37).

Таблица 37

Техническая характеристика приборарН-420

Показатели		Значение
Диапазон	pH, ед. pH	От -0,5 до 14
	ЭДС, мВ	От -1999 до +1999
	Температура, °C	От -10 до 100
Дискретность	pH, ед. pH	0,01
	ЭДС, мВ	0,1
	Температура, °C	0,1
Предел допускаемой основной абсолютной погрешности	pH, ед. pH	0,01
	ЭДС, мВ	1
	Температура, °C	2
Число сохраняемых в памяти результатов измерений		100
Габаритные размеры, мм		240×100×51
Масса, г		400

В комплект поставляемого оборудования входят измерительный преобразователь, термодатчик, сетевой адаптер, комбинированный pH-электрод, стандарт-титры, а также специализированные pH-электроды [93].

Функции, реализованные в приборе pH-420, позволяют использовать их для проведения измерений в соответствии с нормативными документами (табл. 38).

Таблица 38

Измерение кислотности сельскохозяйственной продукции и сырья прибором pH-420

Показатели	Вид продукции	Нормативные документы
1	2	3
pH	Мясо и мясные продукты	ГОСТ Р 51478-99 Контрольный метод определения концентрации водородных ионов (pH)

1	2	3
Активная кислотность	Продукты молочные для детского питания	ГОСТ 30648.5-99 Продукты молочные для детского питания. Метод определения активной кислотности
Кислотность плазмы	Масло сливочное	ГОСТ 33613-2015 Масло сливочное. Потенциометрический метод определения активной кислотности плазмы
Свободная кислотность	Казеины	ГОСТ Р 51468-99 Казеины. Метод определения свободной кислотности
Кислотность	Консервы молочные сгущенные и продукты молочные сухие	ГОСТ 30305.3-95 Консервы молочные сгущенные и продукты молочные сухие. Титриметрические методики выполнения измерений кислотности
Титруемая кислотность	Йогурты	ГОСТ 31976-2012 Йогурты и продукты йогуртные. Потенциометрический метод определения титруемой кислотности
Массовая доля хлоридов	Мясо и мясные продукты	ГОСТ ISO 1841-2-2013 Мясо и мясные продукты. Потенциометрический метод определения массовой доли хлоридов
Активность кислотной фосфатазы	Колбасы и продукты мясные вареные	ГОСТ 23231-2016 Изделия колбасные вареные и продукты из мяса вареные. Метод определения остаточной активности кислотной фосфатазы
Массовая доля добавленных цитратных эмульгаторов и регуляторов кислотности	Сыры плавленые	ГОСТ Р 51461-99 Сыры плавленые. Метод определения массовой доли добавленных цитратных эмульгаторов и регуляторов кислотности
Определение раскисления	Молоко	ГОСТ 30637-99 Молоко. Методы определения раскисления

Прибор-иономер **И-510** ЗАО «Аквилон» (рис. 25) предназначен для определения активности ионов водорода (рН), окислительно-восстановительного потенциала (Eh) и концентрации (активности) ионов: фторидов F^- , бромидов Br^- , хлоридов Cl^- , йодидов I^- , нитратов NO_3^- , сульфидов S^{2-} , калия K^+ , натрия Na^+ , серебра Ag^+ , аммония



NH_4^+ , кальция Ca^{2+} и др., а также для потенциометрического титрования при комплектации прибора дополнительными устройствами [94].

Рис. 25. Ионмер И-510

Основные особенности прибора те же, что у рН-420 (табл. 39), хранение в памяти ионмера до 200 результатов последних измерений, дополнительно поставляются ионоселективные электроды на более чем 20 ионов с рабочим диапазоном, например для нитратов – от 5×10^{-5} до 10^{-1} моль/л, для нитритов – от 10^{-5} до 10^{-2} моль/л. Примеры применения ионмера И-510 при анализе качества сельхозпродукции и кормов приведены в табл. 40.

Таблица 39

Сравнительная техническая характеристика прибора рН-420 и ионмера И-510

Показатели	рН-420	Ионмер И-510
1	2	3
Диапазон измерения: ЭДС, мВ рН, ед. рН	От -1999 до +1999	От -2000 до +2000
	От -0,5 до 14	
Измерение концентрации ионов в растворе	–	От 3×10^{-3} до 5×10^4 мг/л. От 3×10^{-8} до 5×10^{-1} моль/л
Предел допускаемой основной абсолютной погрешности измерения: рН, ед. рН ЭДС, мВ	0,01	0,01
	1,0	0,7
Измерение температуры, °С: диапазон дискретность	От -10 до 100	
	0,1	

1	2	3
Предел допускаемой относительной погрешности измерения концентрации, %		2 – для одновалентных ионов; 5 – для двухвалентных ионов
Число сохраняемых в памяти результатов измерений	100	200
Габаритные размеры, мм	240×100×51	
Масса, г	400	

Таблица 40

**Измерение концентрации некоторых ионов
в сельскохозяйственной продукции иономером И-510**

Показатели	Вид продукции	Нормативные документы
Cl ⁻ (хлорид)	Мясные продукты, рассолы и посолочные смеси	МВИ 001-101-00 ГП «ВНИИФТРИ» от 13.09.2000 Методика выполнения измерений концентрации нитрита в мясных продуктах, а также рассолах и посолочных смесях
NH ₄ ⁺ (аммоний)	Мясо и мясные продукты	ГОСТ ISO 1841-2-2013 Мясо и мясные продукты. Потенциометрический метод определения массовой доли хлоридов
	Молоко	ВНИМИ-02-98 Методика количественного ионометрического анализа молока на содержание ионов хлора, в том числе для выявления аномального молока МУК 4.4.1.008-93 Методические указания по определению фторидов в молоке потенциометрическим методом

Приборы рН-420 и И-510 прошли государственные испытания и внесены в Госреестр СИ.

Для измерения активности ионов водорода (рН), окислительно-восстановительного потенциала Eh и температуры водных растворов ООО «Аналит-Сервис» выпускается рН-метр-термометр **Нитрон-рН** (рис. 26, табл. 41) [95]. Прибор имеет ударопрочный корпус, удобный алфавитно-цифровой дисплей, энергонезависимую память,



автоматическую калибровку, ручную или автоматическую термокомпенсацию.

Нитрон-рН зарегистрирован в Госреестре СИ, № 27376-04.

При измерении рН цельного молока осуществляется пересчет рН в значение титруемой кислотности молока °Т [96].

Рис. 26. рН-метр-термометр Нитрон-рН

Таблица 41

Техническая характеристика Нитрон-рН

Показатели	Значение
Диапазон измерений: рН, ед. рН ЭДС, мВ температура, °С	0-14 От -3600 до 3600 От 0 до 100
Погрешность измерения: рН, ед. рН ЭДС, мВ температура, °С	±0,02 ±1 (в диапазоне ±999,9 мВ, в остальном ±2) ±(0,3-0,5)
Диапазон температурной компенсации, °С	От 0 до 100
Габаритные размеры, мм	178×98×45
Масса прибора, кг	0,5



Специализированная ионометрическая лаборатория **МИКОН-2** (Россия) предназначена для определения нитратов и нитритов в различных продуктах по имеющимся ГОСТам и утвержденным методикам выполнения измерений (рис. 27) [97].

Рис. 27. Специализированная ионометрическая лаборатория МИКОН-2

Состоит из ионоселективного электрода серии ЭЛИТ в паре со вспомогательным электродом и модифицированного иономера ЭКСПЕРТ-001 со встроенными программами выполнения измерений и обработки результатов.

«Интеллектуальная» система иономера ЭКСПЕРТ-001 контролирует температуру анализируемого раствора, сравнивает ее с температурой градуировки и самостоятельно выбирает оптимальный режим измерения – с термокомпенсацией или без нее. Алгоритм работы прибора предусматривает автоматическое уточнение изопотенциальной точки электрода и его реальной чувствительности. «Интеллектуальная» система гарантирует правильность результатов при любой температуре.

Комплекты МИКОН выпускаются в нескольких модификациях для измерения различных ионов (нитратов, калия, кальция, аммония, нитритов, фторидов и др.) в разных средах, отличающихся только типами применяемых ионоселективных электродов, процедурами калибровки и измерений, а также методами пробоподготовки.

Техническая характеристика прибора Эксперт-001-3.01, входящего в состав комплекта МИКОН-2, представлена в табл. 42.

Таблица 42

Техническая характеристика прибора Эксперт-001-3.01

Показатели	Значение		
Диапазоны измерений	1-14 рН	0-20 рХ	От -3200 до +3200 мВ
Погрешность измерений	±0,02 рН	±0,02 рХ	±1 мВ
Габаритные размеры, мм	60×200×110		
Масса (не более), кг	0,95		

В комплектах методик измерения, разработанных для МИКОН-2 (всего более 20 методик), имеется методика выполнения измерений концентрации нитрита NO_2 в мясных продуктах, а также рассолах и посолочных смесях.

Нитрат-тестер **СОЭКС** (рис. 28) предназначен для измерения и оценки содержания нитратов в овощах, фруктах, свежем мясе, а также в продуктах детского питания. В приборе запрограммировано около 30 наименований продуктов, включая мясо. Проверка на



Рис. 28. Нитрат-тестер
СОЭКС



Рис. 29. pH-метр/иономер
Итан

содержание и количество нитратов в анализируемом продукте производится путем прокалывания измеряемого продукта зондом, расположенным в нижней части нитратомера. В нитрат-тестере СОЭКС для каждого продукта задана норма предельно допустимой концентрации (ПДК) нитратов. В результате измерения на дисплее указывается точное содержание нитратов в проверяемом продукте. Результаты измерения отображаются на цветном дисплее индикацией зеленого, желтого или красного цвета. Габаритные размеры – $50 \times 150 \times 20$ мм, масса – 105 г [98].

К новому поколению универсальных лабораторных pH-метров/иономеров с сенсорной панелью управления и широкими функциональными возможностями принадлежит российский pH-метр/иономер **Итан** (рис. 29).

В корпус pH-метра/иономера встроены магнитная мешалка и штатив с лапкой для установки электродов и термодатчика. Итан может работать как автономно, так и под управлением ПК.

В автономном режиме прибор управляется с помощью сенсорной панели, расположенной на жидкокристаллическом графическом дисплее. Благодаря наличию графического дисплея оператор может просмотреть рассчитанное уравнение градуировочной зависимости, а также саму зависимость в виде графика или таблицы [99].

В автоматическом режиме оценивается линейность градуировочного графика, отбрасываются «выпавшие» точки и проводится сравнение крутизны электродной функции с ее паспортным значением для используемого электрода (при измерении pH – стеклянного электрода). Тип используемого электрода и его характеристики вводятся

и сохраняются в памяти анализатора. Имеется возможность построения градуировочного графика по 2-7 или 2-15 точкам (при подключении к ПК). В архиве прибора сохраняется 50 результатов анализа.

Оператор может использовать до 50 методик анализа, параметры которых хранятся в памяти прибора. С помощью прибора Итан могут быть определены массовая доля хлоридов (в мясе и мясных продуктах) и концентрация водородных ионов рН (в мясной и молочной продукции). Прибор работает с любыми типами ионселективных электродов, имеющих ВНС-разъем (электрический разъем с байонетной фиксацией), включая комбинированные электроды, включен в Госреестр СИ (регистрационный номер № 37675-08), соответствует требованиям безопасности технических регламентов Таможенного союза ТР ТС 004/2011 и ТР ТС 020/2011.

Аналогичное назначение имеют лабораторные иономеры **И-160М** (страна-производитель – Беларусь) и **И-160МИ** (выпускается в России) (рис. 30, табл. 43), предназначенные для прямого и косвенного потенциометрического измерения: активности ионов водорода (рН), активности и концентрации других одновалентных и двухвалентных анионов и катионов (рХ), окислительно-восстановительных потенциалов (Еh), температуры в водных растворах с представлением результатов в цифровой форме и в виде аналогового сигнала напряжения постоянного тока.

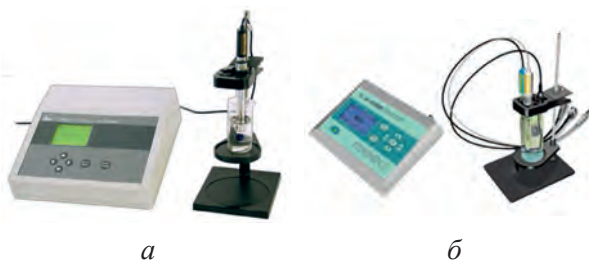


Рис. 30. Лабораторные иономеры И-160М (а) и И-160МИ (б)

Таблица 43

Техническая характеристика иономеров И-160М (И-160МИ)

Показатели	Значение
1	2
Число каналов измерения	9
рХ (рН)	От -20,000 до 20,000

1		2
	мВ	От -3000,0 до 2000,0
	Температура, °С	От -20,0 до 150,0
	Концентрация	10 ⁻⁶ -10 ² г/л (г/кг) 10 ⁻⁶ -1 моль/л (моль/л экв.)
Основная погрешность	pX (рН)	±0,020 для одновалентных ионов
	pX	±0,040 для двухвалентных ионов
	мВ	±1,0
	Температура, °С	±0,5
	Концентрация, %	±2,5 для одновалентных ионов ±5 для двухвалентных ионов
Температурная компенсация	pH	Ручная/автоматическая от -20 до 150°С
Настройка	pH	Ручная/автоматическая по любым двум из буферных растворов рН: 1,65; 4,00; 6,86; 9,18 рН
Выход	Аналоговый и цифровой	
Электропитание, В/Гц		220(±22)/50-60
Потребляемая мощность, Вт		20
Габаритные размеры, мм		230×220×90
Масса, кг		2,5

Приборы совместимы с любыми электродами, производящимися в странах СНГ и за рубежом, используются в лабораториях предприятий и научно-исследовательских учреждений химической, металлургической, фармацевтической промышленности, в сельском хозяйстве, медицине, биологии и других отраслях народного хозяйства. Имеется возможность подключения к IBM PC – совместимым компьютерам [100].

Прибор И-160М сертифицирован и внесен в Госреестр СИ под № 56566 до 28.08.2019. Иономер И-160МИ зарегистрирован в Госреестре СИ под № 30272-05.

Для анализа качества продукции животноводства с помощью иономера И-160МИ разработаны соответствующие методы и методики [101]:

- методика количественного ионометрического анализа молока на содержание ионов кальция;

- методика количественного ионометрического анализа молока на содержание ионов натрия, в том числе для выявления фальсификации содой;
- метод определения рН в консервах мясных и мясорастительных по ГОСТ 26188-2016;
- методика количественного ионометрического анализа молока на содержание ионов аммония, в том числе для выявления фальсификации его гидроокисью аммония;
- методика количественного ионометрического анализа молока на содержание ионов хлора, в том числе для выявления аномального молока;
- методика выполнения измерений рН молока и молочных продуктов и др.

Для измерения значений рН многие зарубежные фирмы выпускают приборы, конструкция и принцип работы которых мало отличаются. Различие связано в основном с разной степенью интеллектуализации, количеством градуировочных точек, буферных растворов и применяемых методик измерения. Так, компания «WTW» (Германия) выпускает лабораторные рН-метры трех моделей: inoLab pH-7110 (1-3 точки калибровки, два буферных раствора), inoLab pH-7310 (1-5 точек калибровки, 22 буферных раствора), inoLab pH-9310 (рис. 31). Это многопараметровый прибор, в котором используются интеллектуальные цифровые датчики, результаты измерения могут быть переведены в формат Excel [102, 103].



Рис. 31. Лабораторные рН-метры inoLab pH-9310 (а) и inoLab pH-7310 (б) компании «WTW»

Стационарные рН-метры/ионометры выпускают также компании «Mettler Toledo» (рис. 33, табл. 44) [104], «Ohaus» (Швейцария) – мод. Starter 2100, Starter 3100, Starter 3100С и др.



а



б

Рис. 32. Стационарные рН-метры/ионометры мод. EL20 (а) и S400 (б)

Таблица 44


Техническая характеристика стационарных рН-метров/ионометров мод. EL20 и S400 компании «Mettler Toledo»

Показатели	EL20	FE20	FEP20	S220	S400
Диапазон измерения рН	0-14			От -2 до 20	
Относительная погрешность рН	±0,01			±0,002	
Диапазон, мВ	От -1999 до 1999			От -2000 до 2000	
Относительная погрешность, мВ	±1			±0,2	
Температурный диапазон, °С	От 0 до 100			5-130	От -30 до 130
Точность, °С	±0,5			±0,5	±0,1
Калибровка, по точкам	2	2	3		



Для измерения величины рН в пищевой продукции, в том числе молочной и мясной, многие зарубежные фирмы выпускают портативные приборы (табл. 45). Характерной особенностью таких приборов является работа в комплекте с планшетами или смартфонами, что позволяет использовать приложения для распознавания типа электрода, калибровочные настройки, экспортировать в Excel результаты измерения для дальнейшей обработки [105-108].

Таблица 45

Портативные измерители рН

Модель, фирма-производитель, страна-изготовитель	Назначение	Примечание
1	2	3
<p>Модель SAM1-1750. Производитель «Sensorex» (США).</p> 	<p>Для измерения рН пищевых продуктов – молока, мяса, сыра, фруктов и овощей, а также почвы, кожи и гелей. Масса – 0,16 кг</p>	<p>При подключении к смартфону или планшету SAM-1™ мгновенно распознается приложение. Программное обеспечение распознает тип электрода и его калибровочные настройки. Результаты измерения вместе с необходимыми данными (время/дата и GPS-местоположение) автоматически записываются в память, также могут быть экспортированы в Excel для дальнейшего анализа и обработки</p>
<p>рН/Temp метр SAM1-2900. Производитель «Sensorex» (США)</p>	<p>Дополнительно измеряет температуру</p>	

1	2	3
<p>Модель В-712. Производитель «HORIBA» (Япония)</p> 	<p>Твердые вещества, продукты питания, порошки, гели, бумага, ткань, кожа и др. Масса – 0,1 кг</p>	<p>Точное измерение уровня pH по одной капле за несколько секунд. Можно выбрать способ измерения (капельный, погружение, зачерпывание) в зависимости от образца</p>
<p>Модель MW102-E. Производитель «Milwaukee Electronics» (США)</p> 	<p>Для измерения кислотности и температуры пищевых продуктов – молока, молочных продуктов, мяса, сыра, вина, фруктов и овощей, листьев и полуфабрикатов (например, теста). Масса – 0,427 кг</p>	<p>Диапазон измерений иономеров от -2,00 до 16,00 pH, возможность калибровки по двум точкам с использованием буферных растворов. Автоматическая калибровка и температурная компенсация. Шаг измерений (цена деления) – 0,01 pH</p>
<p>Модель АМТ16М. Производитель «Amtast USA Inc.» (Китай).</p> 	<p>Для измерения уровня pH, ОВП и температуры в полутвердых продуктах – мясо, сыр, овощи, фрукты. Имеет проникающий щуп из нержавеющей стали для мяса и сыра. Масса – 0,626 кг</p>	<p>Автоматическое распознавание буферных калибровочных растворов, память на 25 измерений, автоматическая температурная компенсация, погрешность измерения pH – $\pm 0,01$ pH, калибровка – автоматическая, по трем точкам</p>

1	2	3
<p>Модель HANNA HI 99161. Производитель «HANNA Instruments» (Германия)</p>  <p>The image shows a white handheld pH meter with a digital display showing 5.88 pH and 25.1°C. It has two buttons labeled 'CALIBRATION' and 'MODE'. A probe is attached to the side.</p>	<p>Для обеспечения качества молочных продуктов; рН-электрод FC202D имеет прочный, легко очищаемый корпус из поливинилиденфторида с коническим наконечником, что делает его идеальным для проведения измерений в полутвердых материалах, таких как мясо и сыры. Масса – 205 г</p>	<p>Автоматическая температурная компенсация и калибровка по одной или двум точкам, диапазон измерения рН – от -2,0 до 16,00, точность рН – $\pm 0,02$</p>
<p>Модель: HANNA HI 99163N. Производитель «HANNA Instruments» (Германия)</p>  <p>The image shows a white handheld pH meter with a digital display showing 5.95 pH and 25.0°C. It has two buttons labeled 'CALIBRATION' and 'MODE'. A probe is attached to the side.</p>	<p>Портативный микропроцессорный рН-метр/термометр для мяса. Масса – 210 г</p>	<p>Диапазон измерения – от -2.00 до 16.00 рН. Разрешение – 0,01 рН. Погрешность – $\pm 0,02$ рН. Калибровка рН – автоматическая, по одной или двум точкам. Термокомпенсация автоматическая – от -5 до 105°C</p>

Портативные рН-метры выпускают также другие зарубежные фирмы. Среди них рН-метры F2-Standard, S2-Standard Kit Seven2Go («Mettler Toledo»), приборы для измерения рН/°С TESTO 205, TESTO 206 рН1 и TESTO 206 рН2 (концерн «Testo AG», Германия), Checker® рН Tester HI 98103 («HANNA Instruments», Германия), портативные рН-метры Multi 3410, ProfiLine 3110/3210/3310 фирмы WTW («Wissenschaftliche Technische Werkstätten GmbH», Германия), рН-метр Starter 300 (Швейцария) и др. [109-115].

5. МЕТОДЫ И ПРИБОРЫ КОНТРОЛЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОДУКЦИИ ЖИВОТНОВОДСТВА

5.1. Анализаторы соматических клеток в молоке

Содержание соматических клеток в молоке является одним из основных показателей его качества и санитарной безопасности. Высокое содержание соматических клеток показывает, что среди поголовья есть больные животные. Чаще всего повышение содержания соматических клеток вызвано маститами и служит индикатором этих заболеваний [116].

Концентрация соматических клеток определяет санитарную безопасность молока-сырья и качество продуктов его переработки (сыры, кисломолочные продукты и др.).

С 01.07.2017 вступили в силу требования Технического регламента Таможенного союза ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции», в результате чего требования стали более жесткими – в сыром молоке, предназначенном для производства сыров или стерилизованного молока, должно быть не более 500 тыс. соматических клеток на 1 см³.

Существует четыре контрольных метода определения соматических клеток:

- визуальный;
- с применением вискозиметров;
- микроскопирование;
- флуоресцентная микроскопия.

Одним из самых распространенных методов оценки содержания соматических клеток в молоке является вискозиметрия – косвенный метод, основанный на измерении вязкости молока после добавления определенных препаратов. Эти препараты разрушают клеточные стенки, и освободившаяся ДНК увеличивает вязкость молока. Однако нагрев или добавление в молоко некоторых веществ позво-

ляет избежать этого, в результате чего некачественное сырье поступает производителям молочных продуктов.

Более надежным методом является подсчет клеток с использованием автоматических счетчиков. Они могут быть основаны на флуоресценции клеток после их взаимодействия с красителем или на других технологиях. Для калибровки приборов для подсчета соматических клеток используются специальные стандартные образцы. ГОСТ 23453-2014 «Молоко сырое. Методы определения соматических клеток» предусматривает применение прямого метода определения соматических клеток путем микроскопирования. Метод основан на высушивании распределенной на предметном стекле анализируемой пробы сырого молока с последующим окрашиванием мазка и подсчете с использованием микроскопа количества окрашенных соматических клеток на установленной площади.

Примером приборов, выполненных по классической компоновочной схеме вискозиметрических анализаторов молока, являются ультразвуковой анализатор для измерения условной вязкости и вычисления концентрации соматических клеток в молоке **Екомилк Скан** (Экомилк Скан) (Болгария) и анализаторы **Соматос-В** (Россия), предназначенные для контроля качества молока на молочных заводах, приемных пунктах, фермерских хозяйствах, ветеринарных службах и лабораториях (рис. 33, табл. 46) [45,117-119].



Рис. 33. Анализаторы соматических клеток в молоке
Экомилк Скан (а) и Соматос-В-2К-26 (б)

**Сравнительная техническая характеристика
анализаторов соматических клеток Экомилк Скан и Соматос-В-2К-26**

Показатели	Экомилк Скан	Соматос-В-2К-26
Диапазон измерения условной вязкости (время вытекания), с	1-99,9	12-58
Диапазон определения количества соматических клеток в 1 мл молока	90000-1500000	
Предел основной погрешности, %	±5	
Средняя продолжительность одного измерения, мин	4	
Потребляемая мощность, Вт	30	20
Напряжение питания, В: от сети переменного тока от аккумулятора	220	
	12-14,2	–
Габаритные размеры, мм	200×260×290	282×166×240
Масса, кг	4,5	3

Анализатор Экомилк Скан использует малое количество молока для анализа (10 см³), выполняет подсчет среднего значения нескольких измерений, сигнализирует о превышении установленного допустимого значения соматических клеток в молоке, имеет энерго-независимый режим сбора данных с сохранением до 250 измерений, включая идентификатор поставщика и время, возможность подключения к компьютеру и принтеру, а также возможность применения различных реагентов (Мастоприм, Экоприм и др.).

Анализатор Соматос-В выпускается в трех исполнениях:

- Соматос-В-1К-15 – одноканальный (до 15 измерений в час);
- Соматос-В-1К-15 ПИ – одноканальный переносной (до 15 измерений в час);
- Соматос-В-2К-26 – двухканальный (до 30 измерений в час).

Основным преимуществом анализаторов Соматос-В является то, что вместо инфракрасного сенсора для определения времени вытекания в анализаторе имеются высокоточные электронные весы, которые могут быть имеются для приготовления раствора препарата Мастоприм и выполнения других необходимых работ.

Анализаторы молока Соматос-В внесены в Госреестр СИ за № 47396-11.

Исследования показали, что на показания вискозиметров большое влияние оказывает фальсификация молока сырого как химическими веществами, так и путём воздействия температуры.

Если стоит задача определить количество соматических клеток с погрешностью не более 2-5%, то применяются «микроскопический» метод – прямой подсчёт с использованием микроскопа и «флуоресцентный» – по сути это тот же микроскопический метод, поскольку также применяются краситель и автоматический микроскоп, результаты которого обрабатывает встроенный компьютер с использованием программного обеспечения [120].

Анализаторы соматических клеток в молоке DCC («ДеЛаваль», Швеция) (рис. 36) предназначены для измерения счетной концентрации соматических клеток в сыром коровьем молоке, представляют собой портативные переносные лабораторные приборы с автономным питанием от батареи.



Рис. 36. Анализатор соматических клеток в молоке DCC (а) и анализатор соматических клеток Ультрасоматик А10 (б)

Принцип действия анализаторов DCC основан на автоматическом подсчете помеченных флуоресцентным красителем соматических клеток, находящихся в анализируемой пробе молока, которые флуоресцируют при их облучении ультрафиолетовым (УФ) излучением. Анализаторы состоят из измерительного блока, в который устанавливается кассета с пробой и красителем, источника УФ-излучения, светофильтров для выделения длин волн возбуждения и регистра-

ции флуоресценции, матричного прибора с зарядовой связью (ПЗС)-приемника, блока электроники и микропроцессора.

Для проведения анализа проба молока помещается в одноразовую кассету с флуоресцентным красителем и устанавливается в измерительный блок прибора. Далее в измерительном блоке происходит регистрация флуоресцентного излучения соматических клеток на матричном ПЗС-приемнике, количество которых подсчитывается с помощью специального программного обеспечения. Управление анализатором осуществляется с помощью встроенной мембранной клавиатуры на передней панели. Результаты анализа отображаются на ЖК-экране [121, 122]. Техническая характеристика анализаторов ДСС приведена в табл. 47.

Таблица 47

Метрологические и технические характеристики анализаторов ДСС

Показатели	Значение
Диапазон показаний счетной концентрации соматических клеток в молоке, см ³	10 ⁴ -2,0×10 ⁶
Диапазон измерений счетной концентрации соматических клеток в молоке, см ³	0,9×10 ⁵ -1,5×10 ⁶
Пределы допускаемой относительной погрешности, %	±20
Время измерения, с	30
Напряжение питания постоянного тока, В	12
Потребляемая мощность, Вт	25
Габаритные размеры, мм	235×236×249
Масса, кг	4,1

Анализатор соматических клеток ДСС широко используется на территории России, внесен в Госреестр СИ за № 65083-16.

Метод прямого микроскопирования является единственным прямым методом контроля, позволяющим увидеть, идентифицировать и сосчитать соматические клетки в молоке, поэтому он взят за основу и модифицирован с флуоресцентным методом при разработке анализатора **Lactoscan New SCC** (Болгария) [120, 123].

Благодаря флуоресцентному красителю, светодиодной оптике и технологии считывания данных на основе датчиков Charge-Coupled Device (CCD) для создания снимков такой анализ соматических кле-

ток в молоке является точным, надежным и быстрым. Для того чтобы подсчитать соматические клетки на приборе NEW SCC, пробу молока смешивают с краской SOFIA GREEN. Необходимо только 8 мкл подготовленного образца для того, чтобы поместить его с помощью пипетки в одноразовую кассету. Затем кассету загружают в устройство. Продолжительность анализа – от 10 с до 2 мин, в зависимости от количества производимых снимков. Анализатор NEW SCC автоматически фокусируется на кассете, и окрашенные клетки улавливаются чувствительной CCD-камерой. Алгоритм анализа цифрового изображения включает в себя определение количества флуоресцентных клеток и расчет их концентрации.

Анализатор соматических клеток **Ультрасоматик** (ООО «Энилаб», Россия) (см. рис. 34б) является дальнейшим развитием контроля соматических клеток методом флуоресцентной микроскопии, делает анализ соматических клеток в молоке более точным и детальным [124]. Выпускается в двух моделях – Ультрасоматик А7 и Ультрасоматик А10, различающихся размером экрана, на который выводится значение счетной концентрации соматических клеток в пробе.

Широкие возможности этого прибора позволяют не только получить количество соматических клеток (число), которое является средним арифметическим по данным 16 или 32 фотографий (усреднение по большой выборке позволяет снизить случайную составляющую погрешности), но и посмотреть эти фотографии, оценить надежность результата. Одновременно можно анализировать от одного до четырех образцов, а также дополнительно – результаты измерений.

Прибор работает с использованием планшета на Windows со всеми возможными способами сетевых коммуникаций (Wi-Fi, Bluetooth). Печать возможна на любом внешнем или встроенном принтере.

Ультрасоматик может измерять не только сырое коровье молоко, но и козье, овечьё и другие виды молока, в том числе консервированное. Прибор внесен в Госреестр СИ (регистрационный № 61301-15).

В отличие от рассмотренных выше приборов для определения соматических клеток анализатор молока **Lactoscan MCC/Expert WLS Combo** (Болгария) (рис. 35) включает в себя два метода измерений: ультразвуковой – для определения качественных показателей моло-

ка и метод флуоресцентного микроскопического подсчета соматических клеток. Прибор является комбинированным анализатором молока и позволяет оперативно и с высокой точностью оценивать качество заготавливаемого, перерабатываемого продукта, а также контролировать состояние отдельных животных в условиях фермерских хозяйств.

Эта модель совмещает в одном корпусе два анализатора: Expert WLS и Expert SCC. В таком исполнении анализатор предназначен для проведения экспресс-анализов молока по следующим параметрам: количество соматических клеток, содержание жира, СОМО, белка, лактозы, добавленной воды, точка замерзания, содержание минеральных солей, плотность, активная кислотность рН, проводимость в одной и той же пробе при заготовке, приемке и переработке [125, 126].

Весь процесс анализа полностью автоматизирован. Техническая характеристика анализатора LACTOSCAN COMBO представлена в табл. 48 [127]. Масса – 6,0 кг, габаритные размеры –320×280×390 мм.



Рис. 35. Анализатор соматических клеток LACTOSCAN COMBO

Таблица 48

Техническая характеристика LACTOSCAN COMBO

Показатели	Диапазон измерения	Погрешности измерений
1	2	3
Массовая доля жира, %	0,01-25,0 (опционально – до 45)	±0,06
Массовая доля, %:		
белка	2,0-15,0	±0,10
СОМО	3,0-40,0	±0,15
воды	0-70	±3
лактозы	0,01-20,0	±0,2
солей (фальсификация)	0,4-4,0	±0,05

1	2	3
Плотность, г/см ³	1000-1160	±0,0005
Точка замерзания, °С	От -0,400 до -0,700	±0,005
Кислотность:		
pН	0-14	±0,05
°Т (градусы Тернера)	10-30	±1,5
Проводимость (фальсификация) (мСм/см)	2-20	±0,05
Общее количество твердых веществ (фальсификация), %	0-50	±0,17
Температура пробы, °С	0-50	±0,1

Lactoscan Combo оснащён встроенным компьютером, поэтому калибровка, корректировка (+,- по любому из показателей) и вся работа могут проходить автономно через сенсорное управление либо беспроводную клавиатуру и мышку. Функция Wi-Fi позволяет в режиме Онлайн отправлять данные с анализатора на любой компьютер, вне зависимости от его удаления, через сеть Интернет; работать через удалённый доступ (оператор может находиться на любом расстоянии от анализатора).

Система сбора данных в оперативном режиме позволяет сохранять до 800 измерений. Прибор работает с пробой молока от 5°С без дополнительного подогрева. В зависимости от комплектации анализатор выполняет одно измерение за 30-50 с, что позволяет проводить до 120 измерений в час.

Значительное число приборов для определения соматических клеток в сыром молоке было разработано компанией «Bentley Instruments» (США). Это счетчики **Somacount** мод. **SCC 150, SCC 300, SCC 500**, которые используются в лабораториях молокозаводов, ветеринарных лабораториях, независимых лабораториях для установления цены за сдаваемое молоко, а также в селекционных лабораториях. В основе работы счетчиков количества соматических клеток Somacount используется метод лазерной поточной цитометрии, разработанный компанией «Bentley Instruments».

Сущность метода, заложенного в эти приборы, состоит в подкра-

шивании соматических клеток путем смешивания строго определенных объемов пробы и красителя/буфера и подсчете их количества после формирования тонкой прерывистой струи клеток в потоке специальной несущей жидкости, возбуждения их флуоресценции лазером и измерении интенсивности излучения индуцированных световых импульсов. Полученные в результате электрические импульсы дифференцируются по уровню и длине, полезные импульсы отделяются от фоновых и подсчитывается их число. В зависимости от модели счетчики Somacount имеют производительность от 150 до 500 проб в час при коэффициенте корреляции с прямым методом подсчета под микроскопом $> 0,96$ [128-130].

На смену этим моделям пришли новые приборы, разработанные компанией «Bentley Instruments» с целью достижения максимальной производительности, точности и повторяемости результатов. Среди них анализатор соматических клеток **Somacount FC** (рис. 36а), **Somacount FC с автоматическим пробоотборником**, анализатор соматических клеток **Somacount FCM** (рис. 36б), а также комбинированные аналитические системы **Bentley DairySpec FT** и **Bentley FTS Kombi** [131, 132].



Рис. 36. Анализаторы соматических клеток Somacount FC (а), Somacount FC с автоматическим пробоотборником (б)

В аналитическую систему Bentley DairySpec FT встраивается счетчик соматических клеток Somacount FC, а в аналитическую систему Bentley FTS Kombi – анализатор соматических клеток Somacount FCM.

Это позволяет оценивать следующие компоненты молока: жир, белок, общее количество сухих веществ, лактоза, мочеви́на (энергетический баланс при кормлении дойных коров), точка замерзания (фальсификация молока), лимонная кислота, значение pH, кислоты жирного ряда (7 шт.), казеин, ацетон и Бета-оксибутират (ВНВ) (Ацидоз, Кетоз), свободные жирные кислоты и соматические клетки.

Основной особенностью комбинированных аналитических систем является то, что молоко из пробы одновременно отбирается и в инфракрасный анализатор, и в счетчик соматических клеток.

При подсчете соматических клеток в сыром молоке SomaCount FC использует метод, базирующийся на принципе лазерной поточной цитометрии.

Программное обеспечение позволяет широко использовать базу данных, включая дискеты, серийные и параллельные порты принтеров и сеть, автоматизировать работу счетчика, идентифицировать все анализы и передавать данные в систему, на принтер или в сеть. Техническая характеристика анализаторов SomaCount FC приведена в табл. 49 [133].

Таблица 49

**Техническая характеристика
анализаторов соматических клеток SomaCount FC**

Показатели	Значение
Диапазон измерения, млн клеток/мл	0-10
Производительность, пробы/ч	150, 150-300 – с автоматическим пробоотборником
Тип молока	Коровье, козье, овчье, буйволиное сырое
Корреляция с прямым методом подсчёта под микроскопом	> 0,96
Состояние пробы	Свежая или консервированная
Электропитание, В/Гц	110/220; 50-60
Габаритные размеры, см	61×66×39,4
Масса, кг	45

В приборе для определения соматических клеток в молоке SomaCount FCM также реализована современная технология лазер-

ной поточной цитометрии для автоматизированного анализа молока производительностью до 600 образцов в час.

Молочный анализатор **Fossomatic FC** (рис. 37) фирмы «Foss» (Дания) подсчитывает количество соматических клеток, распознавая ДНК в клетках. Смесь молока и красящего раствора в несущем растворе пропускается через проточную ячейку, где окрашенные соматические клетки



Рис. 37. Анализатор соматических клеток Fossomatic FC

облучаются светом волны определенной длины. Затем клетки излучают флуоресцентные световые импульсы на другой длине волны, которые подсчитываются и отображаются на экране. Конструкция проточной ячейки гарантирует обнаружение отдельных соматических клеток. Более высокую точность можно получить с помощью функций настройки точности.

Аналитический инструмент Fossomatic FC+ может быть интегрирован с многокомпонентным анализатором MilkoScan FT+, образуя CombiFoss FT+, повышая эффективность работы благодаря совместному использованию программной платформы Foss Integrator, основанной на передовых средствах обработки и хранения результатов анализа [134, 135].

Для экспресс-анализа содержания соматических клеток в сыром молоке фирмой «Foss» разработан специальный прибор **Fossomatic Minor**, который позволяет измерять содержание соматических клеток в сыром молоке с той же точностью и повторяемостью, как и полностью автоматизированные анализаторы серии Fossomatic (50 анализов в час, время анализа – 1 мин).

Образцы молока смешиваются с раствором красящего вещества (Пропидиум иодид), который окрашивает ДНК в соматических клетках для последующего детектирования. Окрашенный образец помещается под пипетку и всасывается в прибор, где соматические клетки облучаются зеленым светом и начинают светиться. Светящиеся точки

подсчитываются встроенным детектором, результат высвечивается на мониторе присоединенного ПК и сохраняется в базе данных.

Объем образца – 1 мл сырого коровьего молока, подогретого до 30-40°C. Предел измерения – до 5000000 клеток в 1 мл, диапазон измерения, клеток в 1 мл – 100000-1500000, электропитание – 110/220 В, 50-60 Гц, потребление энергии – не более 30 Вт, масса – 21 кг.

Прямым (арбитражным) методом измерения соматических клеток является микроскопический – подсчет количества окрашенных соматических клеток под микроскопом. Он трудоемкий и требует достаточно высокой квалификации персонала. Кроме того, погрешности этого метода зависят от многих факторов: количества образцов, их характеристик, а также характеристик используемого для подсчета оборудования. При этом средние значения погрешностей лежат в интервалах 10-15% для средних концентраций СК (от 200-1000) и около 20-30% для низких концентраций (меньше 150).

Микроскопический метод сопряжён с применением опасных материалов, требует специального оснащения оборудованием. Подготовка и профессиональные навыки микробиолога являются основными решающими факторами использования данного метода. Время проведения самого анализа составляет не менее 3-4 ч. Этот метод может быть реализован только в условиях специализированных лабораторий [120, 136].



Рис. 38. Автоматизированная система микроскопического способа подсчета соматических клеток в молоке и молочной продукции EkoScope

Внимания заслуживает анализатор соматических клеток в молоке и молочной продукции **EkoScope**, разработанный в Нидерландах и представляющий собой автоматическую систему, которая функционирует посредством микроскопического способа (рис. 38). Эта система состоит из двух основных модулей: EkoScope-FPS1 и EkoScope-SCC1 [45, 137].

Первый модуль EkoScope-FPS1 анализатора соматических клеток EkoScope является станцией подготовки анализа. Она автоматизи-

рует ручные процессы подготовки микроскопных растирок: дозирования и растирки молочной пробы на предметном стекле, а также процесса окрашивания.

Второй – EкоScope-SCC1 представляет собой станцию микроскопного наблюдения, которая выполняет оперативный и прецизионный подсчет соматических клеток микроскопическим методом.

Результаты измерения выводятся на экран. Их можно обработать любым способом, сохранить, напечатать или выполнять с ними другие необходимые действия.

5.2. Методы контроля антибиотиков в молоке и молочной продукции

Серьезную проблему для молочной промышленности представляет наличие в молоке остатков антибиотиков, поскольку они могут нарушить производственный процесс, ингибируя заквасочную микрофлору, но наиболее опасны последствия попадания остатков антибиотиков в организм человека.

Наличие в молоке стрептомицина, пенициллина и других антибиотиков может быть обусловлено их применением при лечении животных. Чаще всего антибиотики попадают в пищевые продукты из сырья животного происхождения. В животноводческом и птицеводческом сырье, а также в продуктах его переработки могут присутствовать следующие антибиотики: а) тетрациклиновой группы – в молоке, молочных продуктах, яйцах, мясе, мясных продуктах, субпродуктах, мёде; б) стрептомицин – в молоке, молочных продуктах, яйцах; в) пенициллин – в молоке, молочных продуктах; г) цинкбацитрацин – в мясе, мясных продуктах, субпродуктах; д) левомицетин – в мясе, мясных продуктах, молоке, молочных продуктах, яйцах, мёде. Остаточное количество антибиотиков обнаруживают в 15-26% продукции животноводства и птицеводства, что предопределяет необходимость проведения их выборочного, периодического или систематического контроля [138-140].

Антибиотики ингибируют рост закваски и делают невозможным получение качественных молочнокислых продуктов и сыров, что приводит к отклонению от стандартов качества продукта. При этом в такой продукции активнее развивается патогенная микрофлора.

Дифференцировать антибиотик до видов и определить его остаточное количество (мг/кг) в продукте можно микробиологическим методом, методом ВЭЖХ (высокоэффективная жидкостная хроматография), а также методом ИФА (иммуноферментный анализ).

Микробиологический метод. ГОСТ 31502-2012 «Молоко и молочные продукты. Микробиологические методы определения наличия антибиотиков» устанавливает нормативы на проведение микробиологических анализов с целью выявления наличия и концентрации антибиотиков. Метод основан на изменении окраски агаровой среды со спорами *Bacillus stearothermophilus* *various calidolactis* от синей до желтой – при отсутствии в анализируемом молоке антибиотиков и других ингибирующих веществ и сохранении синей окраски – при наличии антибиотиков.

В соответствии с ГОСТом присутствие в молочном продукте антибиотика определяют по цвету тестовых пластин или полосок. Для анализа отбираются пробы молока, которые хранятся в холодильном оборудовании не более одних суток при установленном температурном режиме $5 \pm 1^\circ\text{C}$. Минимальная концентрация, определяемая во время анализа, зависит от антибиотика и тест-наборов (№ 1-5) и составляет значения от 0,004 мг/кг (для пенициллина) до 4,1 (для левомицетина). Недостаток такого метода – продолжительность статирования экземпляров и трудоемкость лабораторного исследования.

Высокоэффективная жидкостная хроматография. ГОСТ 33526-2015 распространяется на молоко и продукты его переработки (молоко сырое, питьевое, сливки сырые, питьевые, молочные продукты, молокосодержащие продукты, побочные продукты переработки молока, продукцию детского питания на молочной основе, сыр и сырные продукты, масло из коровьего молока и масляную пасту, консервы молочные, мороженое и смеси для мороженого) и устанавливает метод высокоэффективной жидкостной хроматографии по определению остаточного содержания антибиотиков: левомицетина (хлорамфеникола), пенициллиновой группы, стрептомицина, тетрациклиновой группы.

В основе метода – экстракция (извлечение) антибиотика из образцов молока. Пробы проходят стадию очистки экстракта, после чего устанавливается точная масса синтетических веществ с помощью технологии

спектрофотометрического детектирования. Все лабораторные процессы происходят на хроматографе с высоким диапазоном измерений.

Диапазон измерений массовых долей антибиотиков для левомицетина (хлорамфеникола) – от 0,0001 млн до 1,0 млн мг/кг, для антибиотиков пенициллиновой и тетрациклиновой групп – от 0,001 млн до 1,0 млн мг/кг, для стрептомицина – от 0,005 млн до 1,0 млн мг/кг.

Имуноферментный анализ – лабораторный иммунологический метод качественного или количественного определения различных низкомолекулярных соединений, макромолекул, вирусов, антибиотиков и других, в основе которого лежит специфическая реакция антиген-антитело. Выявление образовавшегося комплекса проводят с использованием фермента в качестве метки для регистрации сигнала. Теоретические основы ИФА опираются на современную иммунохимию и химическую энзимологию, знание физико-химических закономерностей реакции антиген-антитело, а также на основные принципы аналитической химии.

ИФА является одним из наиболее активно развивающихся направлений химической энзимологии. Это обусловлено тем, что в ИФА уникальная специфичность иммунохимической реакции (т.е. антитела связываются исключительно с определёнными антигенами и ни с какими другими) сочетается с высокой чувствительностью детекции ферментативной метки (вплоть до 10^{-21} моль в образце). Высокая стабильность реагентов, простота методов регистрации, возможность создания каскадных систем усиления различных химических сигналов, относительно низкая цена и многие другие достоинства метода ИФА способствовали его широкому внедрению в различные области медицины, сельское хозяйство, микробиологическую и пищевую промышленность, охрану окружающей среды, научные исследования [141].

Из-за разнообразия объектов исследования и многообразия условий проведения ИФА существует большое количество вариантов этого метода. По одним лишь вариантам регистрации ферментативной активности возможно применение фотометрических, флуориметрических, био- и хемолуминесцентных методов, а в ряде случаев (особенно связанных с решением технологических задач) успешно применяются электрохимические и микрокалориметрические методы [5].

Для определения остаточного количества антибиотиков в пищевой продукции животного происхождения методом ИФА разработаны соответствующие методические указания [142, 143] и ГОСТ 32219-2013 «Молоко и молочные продукты. Иммуноферментные методы определения наличия антибиотиков», регламентирующий порядок определения антибиотиков тетрациклиновой группы, концентрации стрептомицина и левомицетина в стерилизованном, пастеризованном и сыром коровьем молоке.

ГОСТ 32254-2013 «Молоко. Инструментальный экспресс-метод определения антибиотиков» устанавливает инструментальный экспресс-метод определения наличия антибиотиков: пенициллинов, тетрациклиновой группы, левомицетина (хлорамфеникола), стрептомицина, сульфаниламидов в сыром и термически обработанном молоке.

Метод основан на связывании остаточных количеств антибиотиков, находящихся в испытуемом образце молока, с антителами, вызывающими окрашиваемую иммунохроматическую реакцию с последующим определением интенсивности окраски продуктов биохимической реакции визуальным методом или измерением инструментально с помощью считывающего устройства, позволяющего методом оптического отражения определить степень интенсивности окраски относительно включенного в тестовую полоску контрольного количества антибиотика (предела обнаружения), и выведении на дисплей идентификационных данных о типе определяемого антибиотика и о его наличии или отсутствии в течение 2-8 мин с сохранением идентификационных данных микропроцессором прибора и на приложенной флеш-карте.

Пределы обнаружения антибиотиков в молоке с помощью настоящего метода приведены в табл. 50.

Таблица 50

Пределы обнаружения антибиотиков в молоке

Антибиотик	Пределы обнаружения, млн мг/кг
Левомицетин (хлорамфеникол)	0,00015
Тетрациклиновая группа	0,01
Стрептомицин	0,1
Пенициллины	0,002
Сульфаниламиды	0,1

Инструментальный экспресс-метод определения наличия антибиотиков позволяет тестировать с достоверностью не менее 95%, т.е. вероятность того, что молоко, свободное от антибиотиков, даст положительный результат, составляет 5%.

5.3. Определение показателей безопасности методами хроматографического анализа

В Таможенном союзе в соответствии с санитарно-гигиеническими требованиями установлены максимально допустимые уровни остаточного содержания пенициллинов в пищевых продуктах. Так, в молоке и продуктах его переработки содержание пенициллина G, ампициллина и амоксициллина не должно превышать 4 мкг/кг, диклоксациллина, клоксациллина, оксациллина и нафциллина – 30 мкг/кг.

В мясе, печени, почках и жире всех видов убойных животных установлены следующие максимально допустимые уровни содержания: 50 мкг/кг – для пенициллина G, ампициллина, амоксициллина, 300 мкг/кг – для диклоксациллина, клоксациллина, оксациллина и нафциллина, 25 мкг/кг – для пенициллина V – в свинине и домашней птице [144].

Решение задачи продовольственной безопасности привело к развитию и совершенствованию хроматографических методов исследований для анализа состава и определения биологической ценности пищевых продуктов, а также количественного измерения содержания в них различных антибиотиков, пестицидов, тяжелых металлов и других контаминантов-загрязнителей продукции животноводства. Важные особенности хроматографических методов анализа – высокая селективность, большие чувствительность и универсальность.

Многие методики выполнения измерений методом хроматографического анализа являются универсальными, применимыми для широкого спектра исследований, что позволяет занимать им ведущее место среди инструментальных методов анализа сложных многокомпонентных смесей. Поэтому методы хроматографического анализа широко применяются для исследований и контроля безопасности молочной и мясной продукции.

Метод газовой хроматографии (ГХ) для анализа пищевых продуктов применяется наиболее широко – в 44% из всех методов хро-

матографического анализа (газовая хроматография, газожидкостная, ионная, высокоэффективная жидкостная и высокоэффективная тонкослойная). С его помощью определяют жирнокислотный и триглицеридный состав пищевых продуктов, различные виды пестицидов, гербицидов и инсектицидов, ароматические и полиароматические соединения, проводят анализ спиртов и спиртосодержащей продукции, образцов воздуха и промышленных газов, лекарственных препаратов. К преимуществам метода газовой хроматографии относятся простота проведения измерений, возможность использования широкого спектра хроматографических колонок и детекторов, большое количество методических материалов. К недостаткам – неприменимость для анализа высокомолекулярных соединений, для соединений, имеющих высокую температуру кипения, ограниченную применимость для образцов, содержащих воду, и др. [145].

Другим широко распространенным методом является **метод высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ)**. Он занимает 30% объема хроматографического анализа, находит широкое применение для анализа пищевых продуктов, измерения внесенных ингредиентов, пищевых добавок, консервантов и красителей, определения витаминов, высокомолекулярных соединений и белков, а также для идентификации продукции.

Преимущества метода – простота, возможность анализа молекулярно-массового распределения, использования широкого спектра хроматографических колонок и детекторов, широкий выбор модулей возможного гибкого решения любых аналитических задач при постоянном прецизионном контроле всех частей системы и документировании их работоспособности. Недостатки ВЭЖХ: ограниченное применение для объектов с высокими значениями рН, а также для ионогенных и высокополярных соединений, несколько ограниченная эффективность разделения, тщательная пробоподготовка образца для исследования.

При контроле показателей безопасности пищевых продуктов методами ВЭЖХ в них определяют антибиотики, пестициды, ароматические соединения, нитрозамины, тяжелые металлы, микотоксины (афлатоксины, зеарале-нон и др.), пищевые добавки (консерванты, антиоксиданты, подслащивающие вещества, красители и др.) и многие другие загрязнители.

Современные жидкостные хроматографы выпускаются в трех исполнениях: блочно-модульном, моноблочном и промежуточном (модульное исполнение в едином блоке). Выбор конфигурации модульного прибора определяется аналитической задачей. Модульная система позволяет быстро и легко собирать конкретную систему с минимальными затратами. На базе гибкой блочно-модульной системы можно создавать как простые приборы, так и сложные с наращиванием блоков, пригодные для решения технологических задач и выполнения сложных научно-исследовательских измерений [5].

Методическая база хроматографических исследований при контроле показателей безопасности продукции животного происхождения хорошо представлена методическими указаниями и рекомендациями, государственными стандартами и методиками выполнения измерений (см. приложение). Методы ВЭЖХ постоянно совершенствуются, в качестве официальных методов применяются в разных странах для анализа многих вредных соединений. Так, в Республике Беларусь разработана методика одновременного определения остаточного содержания восьми антибиотиков группы пенициллина в продукции животного происхождения методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием. Диапазон определяемых концентраций для каждого пенициллина в молоке и молочной продукции – от 2 до 100 мкг/кг, в мясе и мясных продуктах – от 10 до 800 мкг/кг [144].

В табл. 51 приведены показатели, определяемые с помощью методов ВЭЖХ и газовой хроматографии для пищевой, молочной и мясной продукции.

Таблица 51

**Показатели, определяемые с помощью методов ВЭЖХ
и газовой хроматографии**

№ п/п	Определяемые показатели	Нормативные документы
1	2	3
<i>Молоко и молочная продукция</i>		
1	Стабилизаторы	ГОСТ 31503-2012
2	Консерванты и красители	ГОСТ 31504-2012

1	2	3
3	Массовая концентрация моно- и дисахаридов	ГОСТ Р 54760-2011
4	Хлорорганические соединения (пестициды) (остаточное содержание)	ГОСТ ISO 3890-1-2013
5	Растительные жиры в жировой фазе	ГОСТ 31979-2012
6	Хлорорганические пестициды и полихлорбифенилы	ISO 8260:2008
7	Массовая концентрация моно- и дисахаридов	ГОСТ Р 54760-2011
8	Антибиотики тетрациклиновой группы (остаточное содержание)	ГОСТ 31694-2012
9	Хлорорганические пестициды (остаточное количество)	ГОСТ 23452-2015
<i>Продукты пищевые</i>		
10	Антибиотики тетрациклиновой группы (остаточное содержание)	ГОСТ 31694-2012
11	Массовая доля трансизомеров жирных кислот	ГОСТ 31754-2012
12	Афлатоксины В1 и М1	ГОСТ 30711-2001
13	Бенз(а)пирен	ГОСТ 32123-2013
14	Анаболические стероиды и производные стибена	ГОСТ 32015-2012
15	Полициклические ароматические углеводороды	ГОСТ 31745-2012
16	Сульфаниламиды, нитроимидазолы, пенициллины, амфениколы (остаточное содержание)	ГОСТ Р 54904-2012
17	Витамин С	ГОСТ Р ЕН 14130-2010
18	Антибиотики тетрациклиновой группы (остаточное содержание)	ГОСТ 31694-2012
19	Кокцидиостатики	ГОСТ Р 54518-2011
20	Метаболиты нитрофуранов (остаточное содержание)	ГОСТ Р 53992-2010
21	Ацесульфам калия, аспартам и сахарин	ГОСТ EN 12856-2015
22	Полихлорированные бифенилы	ГОСТ 31983-2012
<i>Мясо и мясная продукция</i>		
23	Жирно-кислотный состав	ГОСТ Р 55483-2013
24	Бенз(а)пирен	ГОСТ 32123-2013

1	2	3
25	Лимонная кислота	ГОСТ 33808-2016
26	Хлорорганические пестициды	ГОСТ 32308-2013
27	Анаболические стероиды и производные стиблена	ГОСТ 33482-2015
28	«Бета»-адреностимуляторы	ГОСТ 31982-2012 ГОСТ 33486-2015

В настоящее время с помощью методов хроматографии определяют также показатели пищевой ценности продуктов, их подлинность, доброкачественность, свежесть путем определения в них аминокислотного состава белков, жирных кислот и глицеридов, углеводов, органических кислот, витаминов и других показателей.

Модульные жидкостные хроматографы Agilent 1100, системы ВЭЖХ Agilent InfinityLab (ВЭЖХ 1220 Infinity II, ВЭЖХ 1260 Infinity II, ВЭЖХ 1290 Infinity II), а также газовые хроматографы Agilent 7890В и Agilent 9000 и другие компании «Agilent Technologies» (США) широко применяются в аналитической практике, в том числе в области пищевой промышленности [146-149].

Модульное исполнение хроматографов позволяет создавать разные системы – от простых до самых сложных как для выполнения рутинных анализов, так и для проведения исследований. Приборы снабжены встроенной программой автоматической диагностики и слежения за состоянием отдельных модулей и всего прибора в целом, имеются аттестации методик на соответствие заданным рабочим параметрам.

Совершенствование хроматографов компании «Agilent Technologies» направлено на повышение производительности и безопасности использования, возможности пошагового обновления оборудования, оптимизацию управления путем совершенствования программного обеспечения.

Готовые решения на базе аналитических комплексов «Agilent Technologies» позволяют подобрать оборудование, отвечающее требованиям нормативных документов, действующих на территории Российской Федерации в области обеспечения безопасности масло-

жировой, молочной, мясной, рыбной и другой пищевой продукции.

К наиболее востребованным задачам, решаемым с применением оборудования компании «Agilent Technologies» в области обеспечения безопасности пищевой продукции, относятся: определение наличия пестицидов и их остатков, контроль микотоксинов в пробах пищевых и зерновых продуктов, оценка уровня содержания ветпрепаратов на соответствие санитарно-эпидемиологическим и гигиеническим требованиям, а также диоксинов в мясных и молочных продуктах [150].

На основе высокоэффективной жидкостной хроматографии – андеменной масс-спектрометрии разрабатываются методики для одновременного определения 10 остаточных антибиотиков – миноциклина, 4-эпикситетрациклина, 4-эпитетрациклина, тетрациклина, 4-эпихлортетрациклина, демеклоциклина, хлортетрациклина, метациклина, доксициклина, окситетрациклина – в молоке и тканях животных. По данным исследований, предел обнаружения составил 0,5-10,0 мкг/кг, предел количественного определения – менее 50 мкг/кг. Линейность получена от 5 до 1000 мкг/кг. Данный метод может использоваться для одновременного подтверждения присутствия множественных остаточных тетрациклинов и их метаболитов в молоке.

Разрабатываются методики многокомпонентного анализа, основанные на использовании системы ВЭЖХ Agilent с улучшенным разрешением и предназначенные для определения более чем 250 пестицидов и их метаболитов в пробах продуктов питания, методы определения меламина в молочном порошке и яйце, аналитические методы обнаружения в мясе до 122 ветеринарных лекарственных средств [151-154].

Для анализа сложных смесей, куда входит и пищевая продукция, фирма «Shimadzu» (Япония) выпускает газовые и жидкостные хроматографы, внесенные в Госреестр СИ [155-158]. Среди них газохроматографическая система **MDGC/GCMS-2010** с программным обеспечением MDGsolution, имеющая две капиллярные колонки, обеспечивающие хорошую воспроизводимость с удерживанием до 30 элюируемых компонентов, жидкостный тройной квадрупольный хроматомасс-спектрометр LCMS-8050, позволяющий одновременно определять большое количество пестицидов и микотоксинов в образце и др.

Новый газовый хроматомасс-спектрометр **GCMS-TQ8040** с тройным квадруполом имеет высокую скорость и чувствительность, а также значительные преимущества проведения сложных анализов при одновременном определении различных пестицидов в пищевой продукции, упрощает работу с пробами, требующими значительной трудоемкости. В качестве примеров применения хроматографов фирмы «Shimadzu» можно привести ГОСТы: 31983-2012, 31982-2012, 33482-2015 и др.

Из отечественных хроматографов следует выделить хроматографы серии Стайер фирмы «Аквилон», жидкостный хроматограф ЛЮМАХРОМ® ГК «Люмэкс» (рис. 39), автоматизированный газовый хроматограф Кристаллюкс-4000М, выпускаемый ООО «НПФ-Мета-хром», двухканальный газовый хроматограф Trake 1310 GX производства ООО «ИнноХром» и др.

Для оценки безопасности пищевых продуктов в них определяют различные загрязняющие компоненты, пищевые добавки, выявляют их фальсификацию. Основные загрязняющие вещества в пищевых продуктах, определяемые с помощью хроматографии, включают в себя пестициды, нитрозамины, микотоксины (афлатоксины, охратоксин А, зеараленон и др.), тяжелые металлы, антибиотики и другие показатели.



Рис. 39. Жидкостные хроматографы Стайер-М фирмы «Аквилон» (а) и хроматограф ЛЮМАХРОМ® ГК «Люмэкс» (б)

Как и зарубежные, хроматографы **Стайер-М** построены по блочно-модульному принципу, имеют возможность легкой модернизации прибора с расширением или изменением перечня решаемых аналитических задач. Использование механизмов самоконфигурирования и специального конструктивного исполнения прибора позволяют интегрировать новые модули и изменять конфигурацию системы даже пользователям со средней квалификацией.

В блоках Стайер-М заложена возможность дистанционного обновления встроенного программного обеспечения Aquilon Control Center, которое автоматически запускает процедуру самотестирования каждого блока, на основании чего формируется протокол тестирования, позволяет пользователям самостоятельно устанавливать обновления встроенных программ.

Основные контролируемые показатели и разработанное ЗАО «Аквилон» методическое обеспечение для контроля безопасности продукции животноводства приведены в табл. 52 [159, 160].

Таблица 52

Показатели безопасности продукции животноводства, определяемые жидкостным хроматографом Стайер-М

Показатели	Объекты анализа	Диапазон измерений	Методики
1	2	3	4
Меламин, мг/кг	Молоко, сухие молочные смеси. Сливки, сметана, йогурт. Кисломолочные продукты	0,25-1,0 1-5 1-5	Методика выполнения измерений массовой доли меламина в молоке, сухих молочных смесях, сливках, сметане, йогуртах и кисломолочных продуктах
Левомецетин (антибиотик), мг/кг	Молоко, яйца. Мясо	0,005-0,01 0,005-0,01	Методика выполнения измерений массовой концентрации левомецетина в молоке, мясе и яйцах

1	2	3	4
Афлатоксин М1, мг/кг	Молоко, молочные продукты, коровье масло	До 0,00025	Методика выполнения измерений массовой концентрации афлатоксина М1 в молоке, молочных продуктах и коровьем масле
Бенз(а)пирен, мкг/кг	Жировые продукты. Копченые мясные продукты	0,5-2,0 0,5-2,0	Методика выполнения измерений массовой доли бенз(а)пирена в пищевых продуктах, продовольственном сырье, пищевых добавках

Учитывая сложность пробоподготовки при определении показателей безопасности продукции животноводства, в том числе антибиотиков, методами хроматографического анализа продолжают разработку и поиск более простых и точных способов идентификации остаточных количеств антибиотиков в продукции животного происхождения [161].

Пример применения методики выполнения измерений массовой доли левомецетина в молоке, мясе и яйцах методом ВЭЖХ с использованием жидкостного хроматографа Стайер-М приведен в [5, 162].

Методическое обеспечение и показатели безопасности пищевой продукции, определяемые жидкостным хроматографом ЛЮМАХРОМ® ГК «Люмэкс» (с флуориметрическими/спектрометрическими детекторами), приведены в табл. 53.

Таблица 53

**Показатели безопасности пищевой продукции,
определяемые жидкостным хроматографом ЛЮМАХРОМ®**

Показатели	Методика ГК «Люмэкс»	Объекты анализа	Диапазон измерений	Время анализа, мин
1	2	3	4	5
Афлатоксин М1	Определение афлатоксина М1	Молоко и кисломолочные продукты	0,2-5 мкг/кг	15

1	2	3	4	5
Бенз(а)пирен	Определение бенз(а)-пирена	Молоко, молочная продукция, копченые мясные, мясосодержащие и другие пищевые продукты, продовольственное сырье, БАД	0,1-100 мкг/кг	25
Бензойная и сорбиновая кислоты и их соли	Определение консервантов и красителей	Молоко и молочная продукция	1-2000 мг/кг	15
Красители (Е102, Е110, Е122, Е124, Е132)			10-200 мг/л	5-25
Меламин	Определение меламина	Молоко, молочные и пищевые продукты	0,5-5000 мг/кг	20
Подсластители (ацесульфам калия, сахарин, аспартам)	ГОСТ EN 12856-2015	Пищевые продукты	10-5000 мг/кг	Н. д.

На рис. 40 представлены примеры определения афлатоксина М1, который является метаболитом афлатоксина В1 – продукта жизнедеятельности микроскопических грибков *Aspergillus*, превращающихся в организме животных в афлатоксин М1, впоследствии содержащийся в молоке и мясе. Этот микотоксин уже при низких концентрациях представляет серьезную угрозу для здоровья человека и животных [163, 164].

Проба: кефир с добавкой афлатоксина М1 – 0,80 мкг/кг.
Найдено: 1 – афлатоксин М1 – 0,72 мкг/кг.

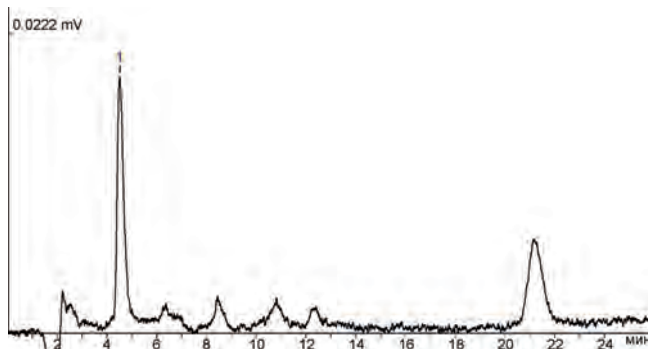


Рис. 40. Хроматограмма определения афлатоксина М1 в пробе кефира

Анализ проб молочной продукции на содержание афлатоксина М1 с применением жидкостного хроматографа ЛЮМАХРОМ®, приведенные на рис. 40, получены при следующих условиях хроматографического анализа: **колонка** – Кромасил® С18 (150×2,1 мм, 5 мкм); **элюент** – ацетонитрил/ИПС/вода (6:9:85), 150 мкл/мин; **объем дозируемой пробы** – 10 мкл; **детектирование** – флуориметрическое.

5.4. Определение тяжелых металлов методами атомно-абсорбционной и атомно-эмиссионной спектроскопии

Метод атомно-абсорбционного анализа основан на селективном поглощении электромагнитного излучения определенной длины волны свободными от всех молекулярных связей нейтральными атомами определяемого элемента. Для этого с использованием источника высокой температуры – атомизатора определяемое вещество переводится в атомный пар.

Существует два основных метода атомизации, широко применяемых на практике: пламенный и электротермический (непламенный).

В отличие от большинства химических методов атомно-абсорбционная спектрометрия имеет очень высокую селективность, что упрощает процедуру подготовки образцов к анализу.

Атомно-абсорбционная спектрометрия в пламенном варианте по производительности работы и скорости выполнения анализа больших партий однотипных проб, как правило, превосходит классические химические методы. Возможно определение многих элементов из одного и того же анализируемого раствора. В современных приборах атомно-абсорбционного анализа полностью автоматизированы процесс измерений и выдачи результатов непосредственно в единицах концентрации элементов в реальной пробе.

Метод позволяет определять около 70 элементов, в основном это металлы. Причем для большинства определяемых элементов (около 40) возможно достижение относительно низких пределов обнаружения. В пламенном варианте – обычно от десятых долей до десятков и сотен микрограмм/литр, в электротермическом варианте – от тысячных до десятых долей микрограмм/литр.

Существенным недостатком метода атомно-абсорбционного анализа является необходимость последовательного определения отдельных элементов, а также перевод в большинстве случаев анализируемого образца в раствор.

Данный метод, широко применяемый при контроле качества и безопасности пищевой продукции и сырья на наличие в них ртути, кадмия, свинца, мышьяка, цинка и других токсичных элементов, требует предварительного разложения исследуемой пробы. Эта стадия является очень важной при проведении анализа и нередко вносит основную погрешность в его результат. Разложение пищевых продуктов и сырья для определения содержания токсичных элементов регламентируется межгосударственным стандартом ГОСТ 26929-94 «Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов».

Процесс минерализации можно считать и процессом демаскирования тяжелых металлов, смешанных с органическими соединениями, чтобы перевести их в одну форму. Большинство методов минерализации основано на полном окислении и удалении органического вещества в виде летучих продуктов. Новые возможности для анализа объектов открывает способ микроволнового разложения органических матриц в закрытых сосудах.

В этом случае образец растворяется за счет трех факторов: температуры, давления, микроволнового облучения. Как показывают исследования, использование микроволновой системы позволяет существенно снизить время, необходимое на пробоподготовку, и минимизировать возможные потери при ее проведении [165].

Метод атомно-абсорбционного анализа является относительным, поэтому требует определения градуировочной зависимости «абсорбция – концентрация элемента». Для этого используют градуировочные растворы, в которых известна концентрация определяемого элемента.

Существо **метода атомно-эмиссионной спектроскопии (АЭС)** состоит в том, что при возбуждении и ионизации с последующим переходом в стабильное состояние каждый элемент испускает квант света определенной длины волны. Определяя длину волны, можно провести качественный анализ, а интенсивность испускания волны данной длины – количественный, причем оба этих анализа выполняются одновременно.

Современными источниками атомизации и возбуждения служат индуктивно-связанная плазма (ИСП), плазма постоянного тока, а также микроволновая плазма с емкостной или индуктивной связью. Чаще всего применяют индуктивно связанную плазму.

Достоинство метода – возможность плавно регулировать условия атомизации и возбуждения. Поэтому при анализе методом ИСП можно подобрать «компромиссные» условия, обеспечивающие одновременное определение множества элементов. Таким образом, ИСП-АЭС – типичный многоэлементный метод анализа. Анализ одной пробы обычно занимает немногим более минуты, после чего получают спектры всех обнаруженных элементов. Расход – 5-6 мл пробы на один анализ.

В настоящее время в России и за рубежом выпускается достаточно большое количество атомно-абсорбционных спектрометров. Так, фирма ООО «Кортэк» (Россия) выпускает атомно-абсорбционные спектрометры **КВАНТ-2** (модификации **Квант-2м1** и **Квант-2мт**) с пламенным атомизатором и системой коррекции фона на основе дейтериевой лампы с полым катодом (рис. 41) [166, 167].



*Рис. 41. Атомно-абсорбционный спектрометр КВАНТ-2
(модификации Квант-2м1 и Квант-2мт)*

Прибор позволяет проводить анализ атомно-абсорбционным и атомно-эмиссионным методами. Спектрометр может быть оборудован ртутно-гидридным генератором и проточно-инжекционным блоком, позволяющими на порядок повысить чувствительность и достоверность анализа в образцах со сложной матрицей. Имеется устройство автоматического ввода проб – автосамплер.

Программное обеспечение сохраняет автоматически устанавливаемые параметры настройки и калибровки спектрометра. Выполнение поджига пламени, регулировка расхода газов, контроль и обеспечение безопасности, а также управление осуществляются автоматически. Технические и метрологические характеристики атомно-абсорбционного спектрометра КВАНТ-2 представлены в табл. 54, 55.

**Метрологическая характеристика атомно-абсорбционного
спектрометра Квант-2мт
(выборка, всего определяется до 70 элементов)**

Элемент	Длина волны, нм	Характеристическая концентрация, мкг/л	Пределы обнаружения, мкг/л
As	193,7	300; 0,12*	50; 0,05*
Cd	228,8	6	0,2-0,3
Cr	357,9	40	1,5
Cs	455,5	4000	300**
Cu	324,8	15	0,4
Hg	253,7	1000; 0,25*	40; 0,006*
Ni	232	40	3
Pb	217	50	2
Sn	224,6	350	30
Sr	460,7	20	0,7
Zn	213,9	4	0,2

* Метод «холодного пара».

** Атомно-эмиссионный метод.

**Техническая характеристика
атомно-абсорбционного спектрометра КВАНТ-2**

Показатели	Значение
Спектральный диапазон, нм	190-800
Диапазон измерения оптической плотности, Б	0-3
Пределы обнаружения элементов	От 0,05 мкг/л
Производительность, измерения/ч	До 200
Габаритные размеры, мм	890×465×430
Масса, кг	57

Фирмой ООО «Кортэк» выпускается атомно-абсорбционный спектрометр с электротермической атомизацией **КВАНТ.2** (рис. 42) [168].



Рис. 42. Атомно-абсорбционный спектрометр с электротермической атомизацией КВАНТ.З

Спектрометр предназначен для количественного определения элементов в жидких пробах различного происхождения и состава на уровне нг/л (ppt.). Основные области применения – мониторинг окружающей среды, санитарно-гигиенические исследования, контроль продуктов питания, биотехнология, медицина, научные исследования и другие отрасли.

Управление спектрометром, диагностика состояния, обработка, отображение и хранение аналитической информации осуществляются персональным компьютером с помощью пакета специализированного программного обеспечения.

Техническая и метрологическая характеристики спектрометра КВАНТ.З представлены в табл. 56, 57.

Таблица 56

Метрологическая характеристика спектрометра КВАНТ.З

Элемент	Длина волны, нм	Характеристическая масса*, пг	Пределы обнаружения, нг/л
1	2	3	4
As	193,7	3,2	60
Cd	228,8	0,08	0,8
Cr	357,9	0,22	1,0
Cs	852,1	7,0	50
Cu	327,4	2,0	6,0
Hg**	253,7	80	5,0

1	2	3	4
Ni	352,1	7,0	30
Pb	283,3	2,2	10
Sn	286,3	13	60
Sr	460,7	1,8	10
Zn	213,9	0,17	1,0

* Масса, вызывающая 1% поглощения света.

** С генератором ртутно-гидридным ГРГ-112.

Таблица 57

Техническая характеристики спектрометра КВАНТ.З

Показатели	Значение
Спектральный диапазон, нм	185-1100
Диапазон измерения оптической плотности, Б	0-3
Длительность одного измерения, с	30
Габаритные размеры, мм	860×455×210
Масса, кг	67

Действующая нормативная база контрольно-аналитических лабораторий подразумевает, как правило, наличие двух приборов для проведения атомно-абсорбционного анализа, одного – с пламенным способом атомизации, другого – с электротермическим. Поэтому значительный интерес представляет комбинированный атомно-абсорбционный спектрометр А-2 с двумя типами атомизации – пламенной и электротермической (рис. 43, выпускаемый предприятием ЗАО «Аквилон» (Россия). Прибор внесён в Госреестр СИ под № 53236-13 [169,170].



Рис. 43. Атомно-абсорбционный спектрометр А-2 компании «Аквилон»

Сочетание в атомно-абсорбционном спектрометре А-2 двух способов атомизации, быстрое переключение из одного режима в другой позволяет использовать один прибор, значительно сокращая расходы на приобретение и эксплуатацию оборудования.

Использование двух способов атомизации в атомно-абсорбционном спектрометре А-2 позволяет определять содержание элементов в широком интервале концентраций: от 0,5 мкг/л (при работе в режиме электротермической атомизации) до 5000 мкг/л (при работе в режиме пламенной атомизации).

Прибор управляется с помощью персонального компьютера с операционной системой Microsoft Windows®. Настройка длины волны, процедура поиска пика, регулировка ширины спектральной щели, переключение спектральных ламп, регулировка высоты и положения атомизаторов выполняются в автоматическом режиме.

Переключение между пламенным и электротермическим атомизаторами выполняется автоматически. Измерения в обоих режимах могут проводиться с применением автосамплера.

Типовые примеры решаемых задач в области перерабатывающей промышленности с помощью атомно-абсорбционного спектрометра А-2: определение концентрации Cd, Cu, Co, Cr, Mn, Ni, Fe, Sn, Se, Pb, Zn в пробах пищевых продуктов – мясе, рыбе, субпродуктах, колбасе и колбасных изделиях, яйцах и молочных продуктах, а также в зерне и зернопродуктах.

К преимуществам прибора можно отнести и некоторые технические решения, реализованные как в конструкции самого спектрометра, так и в дополнительном оборудовании: быстрая смена атомизаторов (3 мин); автоматическая смена ламп револьверного типа (турель) на восемь позиций; автоматический контроль установки длины волны и интенсивности источника излучения и др.

Группой компаний «Люмэкс» разработан атомно-абсорбционный спектрометр с зеемановской коррекцией неселективного поглощения МГА-1000 (рис. 44, табл. 58), который является третьим поколением спектрометров серии МГА и обладает рядом новых особенностей: бесшумность процесса атомизации; использование системы коррекции фона для анализа объектов с выраженным неселектив-

ным поглощением; применение компактного автосемплера на 48 позиций; возможность определения мышьяка (As) без использования ртуть-гидридной приставки; использование интеллектуальной системы самодиагностики и контроля всех блоков прибора.

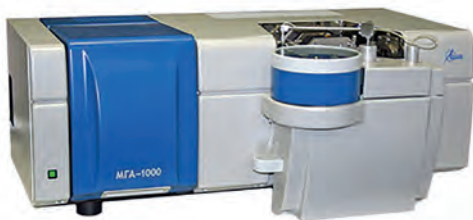


Рис. 44. Атомно-абсорбционный спектрометр МГА-1000 компании «Люмэкс»

Таблица 58

**Техническая характеристика
атомно-абсорбционного спектрометра МГА-1000**

Показатели	Значение
Рабочий спектральный диапазон, нм	От 190 до 900
Спектральное разрешение, нм: в диапазоне от 190 до 600 нм включительно в диапазоне свыше 600 до 900 нм включительно	2 3
Время установления рабочего режима спектрометров (не более), мин	15
Время непрерывной работы спектрометров (не менее), ч	8
Питание спектрометров от сети трехфазного переменного тока: номинальное напряжение питания, В частота, Гц	380 (50 ± 1)
Мощность, потребляемая спектрометрами, кВт·А: в режимах ожидания и настройки аналитических параметров в режимах атомизации и очистки	0,1 6
Габаритные размеры спектрометра, мм	800×475×310
Масса спектрометра, кг	50

Спектрометры атомно-абсорбционные МГА-1000 предназначены для определения содержания химических элементов (прежде всего

металлов) в жидких пробах, а также в других объектах после их минерализации (пищевые продукты, корма и сырье для их производства, биологические ткани и др.).

Для атомно-абсорбционных спектрометров серии МГА, а также для других приборов (система капиллярного электрофореза КАПЕЛЬ, анализатор ртути РА-915М с приставками) компании «Люмэкс» разработаны методики выполнения измерений массовой доли тяжелых металлов (кадмий, свинец, мышьяк, олово, хром и ртуть) в пробах мяса и мясопродуктов, рыбы и рыбопродуктов, молока и молочных продуктов, зерна и другой продукции, определения консервантов (бензойная кислота и её соли), фосфатов, подсластителей (ацесульфом калия, сахарин, аспортам) в молоке и молочной продукции [171].

Метод основан на измерении резонансного поглощения света свободными атомами металлов, возникающего при его прохождении через слой атомного пара в электротермическом атомизаторе атомно-абсорбционного спектрометра. Массовая концентрация элементов определяется величиной интегрального сигнала абсорбции и рассчитывается автоматически по предварительно установленной градуировочной зависимости.

Минерализацию проб пищевых продуктов и продовольственно-го сырья, комбикормов и комбикормового сырья проводят одним из трех методов: сухое озоление, мокрая минерализация, минерализация при повышенном давлении.

Разработанные методики измерений для атомно-абсорбционного спектрометра аттестованы и зарегистрированы в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений.

Значительное количество атомно-абсорбционных и атомно-эмиссионных моделей спектрометров выпускают многие зарубежные фирмы. Так, компания «Agilent Technologies» (США) выпускает атомно-абсорбционные модели спектрометров Agilent 140АА, Agilent 240АА, Agilent 240FS/280FS, Agilent50/55 АА и др.; атомно-эмиссионные спектрометры мод. Agilent 710, Agilent 720, Agilent 730 и др.

Фирма «Shimadzu» (Япония) выпускает атомно-абсорбционные спектрометры мод. АА-6200, АА-6800, АА-6300, АА-7000, фирма

«Analytik Jena» (Германия) – серию ZEEnit, представленную двумя моделями: ZEEnit 650P – высокотехнологичный спектрометр с электротермическим атомизатором с дейтериевой и зеemanовской коррекцией фона и ZEEnit 700P, представляющий собой новое поколение компактных тандемных спектрометров с пламенным, графитовым и гидридным режимами атомизации в одной системе.

Как правило, анализаторы работают в спектральном диапазоне 185-900 нм, конструкции атомно-абсорбционных спектрометров ориентированы на повышение производительности (анализатор АА-7000 обеспечивает автоматизированный анализ до 60 проб), сокращение времени анализа одной пробы (анализ пробы на 20 элементов составляет 4-5 мин), минимизацию расхода газа.

Необходимо подчеркнуть, что контроль показателей безопасности продукции животноводства может быть выполнен с применением других методов измерения. Например, содержание тяжелых металлов в пищевой продукции и продовольственном сырье (Zn, Hg, Ni, Sn, Pb, Cu, и др.) может быть определено вольтамперометрическим анализатором **АКВ-07МК**, разработанным компанией «Аквилон» [160].

На российском рынке аналитического оборудования представлено несколько вольтамперометрических анализаторов, как правило, со своими электродами, программным и методическим обеспечением. Практически все вольтамперометрические анализаторы управляются программным способом с помощью компьютера. Кроме анализатора **АКВ-07МК**, примером таких анализаторов являются анализатор **ТА-LAB** производства ООО «НПП «Томьяналит», вольтамперометрический анализатор **Экотест-ВА** производства ООО «Эконикс-Эксперт» и др.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время вопросы качества и безопасности сельскохозяйственной продукции приобретают все большую актуальность, так как применение новых химических и биологических средств защиты сельскохозяйственных растений, все более широкое использование синтетических пищевых добавок, предназначенных для увеличения сроков хранения сельскохозяйственной продукции, ведут к увеличению степени загрязнения пищевого сырья и продуктов питания химическими веществами, наносящими вред здоровью человека.

Повышение конкурентоспособности сельскохозяйственного производства, его интенсификация, развитие мировых рынков стимулируют применение методов и приборов для получения измерительной информации, характеризующей качество и безопасность продукции животноводства. Средства измерений играют также важную роль в достижении добросовестной конкуренции на рынке, обеспечивая объективную оценку качества и безопасности реализуемой продукции.

Проведенный анализ показал, что формирование основ индустрии здорового питания населения в соответствии с Доктриной продовольственной безопасности Российской Федерации базируется на контроле за соблюдением стандартов и санитарно-гигиенических требований на всех этапах производства сельскохозяйственной продукции.

Выполненные исследования выявили, что в настоящее время разработано и применяется большое количество государственных, межгосударственных и международных стандартов, методических указаний и методик выполнения измерений, регламентирующих нормативы содержания компонентов, характеризующих показатели качества и безопасности продукции животноводства, методы отбора и анализа проб с применением различных физико-химических методов, положенных в основу измерительных приборов, анализаторов и систем.

Анализ методов и средств измерения показателей качества и безопасности продукции животноводства показал, что их развитие идет в направлении сокращения времени анализа, повышения точности измерения и количества одновременно измеряемых показателей (компонентов), для чего используются встроенные и обновляемые через Интернет калибровки.

Одним из эффективных методов инструментального анализа является спектроскопия в ближнеинфракрасной области, позволяющая получать информацию о компонентах, содержащихся в молоке, мясе, молочной и мясной продукции, в течение минуты без сложной пробоподготовки, что особенно важно при контроле качества в условиях производства.

Для анализа молока-сырья в условиях производственных лабораторий широкое распространение получили различные разновидности инфракрасных и ультразвуковых анализаторов. К наиболее известным моделям в настоящее время относятся отечественные ультразвуковые анализаторы Лактан, Клевер различного исполнения и зарубежные – Лактоскан, Экомилк (Болгария), а также ИК-анализаторы – Милкоскан (Дания), МРА Bruker (Германия), Milky Lab и Speedy Lab (Италия) и др. Основное различие приборов производства разных фирм – программное обеспечение. От его качества во многом зависит технический уровень самого прибора, в том числе точность результатов определения количества того или иного компонента.

Наиболее совершенные приборы, основанные на методе титрования, отличаются возможностью автоматической смены реактивов, их полным контролем и высокой точностью дозировки добавления титрантов. Для максимального удобства эксплуатации они оснащаются большой базой данных, содержащей запрограммированные методы титрования и формулы для вычисления, позволяют добавлять пользовательские методы и формулы с возможностью их записи в память. Самые совершенные модели способны не только составить отчет о титровании, но и вывести подробную информацию о ходе процесса.

Для определения наличия различных антибиотиков и других показателей качества и безопасности в молоке, мясе, молочной и

мясной продукции применяются и совершенствуются методы хроматографического анализа, абсорбционной и атомно-эмиссионной спектроскопии, перспективным является применение различных тест-систем.

Учитывая, что технологическое развитие АПК, в том числе использование средств измерения и лабораторного оборудования для оценки и анализа качества сельскохозяйственной продукции растительного и животного происхождения, опирается в основном на зарубежные достижения, необходимо разработать программу импортозамещения наукоемких приборов и систем для оценки показателей качества и безопасности сельскохозяйственной продукции с привлечением высокотехнологических производств оборонного комплекса.

Для разработки и распространения современных методов и приборов для анализа качества и безопасности продукции животноводства, обеспечения высокой производительности при выполнении аналитической работы необходимо провести анализ передового опыта по участию аналитических лабораторий в межлабораторных и международных сравнительных испытаниях продукции, освоении новых методов тестирования в системе контроля и управления качеством сельскохозяйственной продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Указ Президента Российской Федерации от 21.07.2016 № 350 «О мерах по реализации государственной научно-технической политики в интересах развития сельского хозяйства» [Электронный ресурс]. – URL: <http://publikacation.pravo.gov.ru/Dokument/View/0001201607220024//> (дата обращения: 16.08.2016).
2. Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы (утв. постановлением Правительства Российской Федерации от 25 августа 2017 г. № 996). – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. – 52 с.
3. Долгов В.А., Лавина С.А. Методологические аспекты ветеринарно-санитарной экспертизы продовольственного сырья и пищевой продукции // Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. – 2016. – № 3 (19). – С. 11-19.
4. Шакалиев А.А. Техническое регулирование в молочной отрасли: перспективы и возможности // Молочная пром-сть. – 2017. – № 12. – С. 8-9.
5. Федоренко В.Ф., Буклагин Д.С. Методы и инструменты контроля качества сельскохозяйственной продукции: науч. изд. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. – 292 с.
6. Федеральный закон от 2 января 2000 г. № 29-ФЗ (ред. от 13.07.2015) «О качестве и безопасности пищевых продуктов» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=182922&fld=134&dst=1000000001,0&rnd=0.9124408820549448#0> (дата обращения: 16.01.2018).
7. ГОСТ Р ИСО 22000-2007 Системы менеджмента безопасности пищевой продукции. Требования к организациям, участвующим в цепи создания пищевой продукции.
8. Сертификация по ИСО 22000-2007 в РОСТЕСТ-МОСКВА [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.rostest.ru/sertifikatsiya/sertifikatsiya-po-iso-22000-2007.php> (дата обращения: 13.04.2017).
9. Сертификация пищевой продукции [Электронный ресурс]. – URL: <https://technocert.ru/sertifikatsiya-pishhevoj-produkcii/> (дата обращения: 16.01.2018).
10. Сертификация пищевой продукции [Электронный ресурс]. – URL: <http://rostest.msk.ru/dlya-spravki/sertifikatsiya-pishevoj-produkcii/> (дата обращения: 19.01.2018).
11. Сертификация пищевых продуктов в России [Электронный ресурс]. – URL: <http://russertcenter.ru/sertifikatsiya-pishevykh-produktov/> (дата обращения: 16.01.2018).
12. Сертификация товаров животного происхождения в 2018 году. [Электронный ресурс]. – URL: <http://god-2018s.com/novosti/sertifikatsiya-tovarov-zhivotnogo-proisxozhdeniya-v-2018-godu> (дата обращения: 16.01.2018).
13. Шоломова Е.В. Контроль и надзор за качеством и безопасностью пищевых продуктов животного происхождения [Электронный ресурс]. – URL: <http://xn----7sbbaj7auwnffhk.xn--p1ai/article/4088> (дата обращения: 16.01.2018).
14. ГОСТ Р 51917-2002 Продукты молочные и молокосодержащие. Термины и определения [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.gosthelp.ru/text/GOSTR519172002Produktymol.html> (дата обращения: 07.04.2017).
15. ГОСТ 31449-2013 Молоко коровье сырое. Технические условия [Электронный ресурс]. – URL: <http://meganorm.ru/Index2/1/4293780/4293780016.htm> (дата обращения: 27.02.2017).
16. ГОСТ 31450-2013 Молоко питьевое. Технические условия.

17. **Юрова Е.А.** Методы контроля молока-сырья по показателям качества и безопасности: принципы и подходы // Молочная пром-сть. – № 2. – 2010. – С. 5-8.

18. Идентификация молочных товаров [Электронный ресурс]. – URL: https://znaytovar.ru/s/identifikaciya_molochnyx_tovarov.html (дата обращения: 07.04.2017).

19. **Сычева О.В., Кононова Л.В.** Роль нормативно-правовой базы в решении проблемы повышения качества молока-сырья [Электронный ресурс]. – URL: <http://meat-milk.ru/milk/articles/2/view/172.html> (дата обращения: 07.04.2017).

20. **Юрова Е.А.** Нормирование показателей качества и идентификационных характеристик молока-сырья // Молочная пром-сть. – 2015. – № 8. – С. 26-28.

21. **Кондратьева А.В., Прохасько Л.С., Ковтун М.А., Асенова Б.К., Окуханова Э.К., Азильханов А.С.** Сравнительный анализ показателей безопасности молока сырого в нормативных документах // Молодой ученый. – 2014. – № 8. – С. 185-188. – URL: <https://moluch.ru/archive/67/11498/>

22. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011).

23. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции» (ТР ТС 033/2013).

24. СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов» (с изм. и доп.).

25. **Тихомиров И.А., Андрюхина О.Л.** Основные направления повышения качества молока // Вестник ВНИИМЖ. – 2015. – № 3 (19). – С. 54-61.

26. **Абросимова С.В.** Показатели качества молока и молочной продукции в соответствии с требованиями ТР ТС 033/2013. Идентификация молока и молочной продукции. Российский союз предприятий молочной отрасли. ноябрь, 2013 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.ryazagro.ru/upload/medialibrary/c12/milk4.pdf> (дата обращения: 07.04.2017).

27. **Пономарева А.Н., Лосев А.Н., Мельникова Е.Н., Абдуллаева Л.В.** О дополнительных показателях качества молока-сырья // Молочная пром-сть. – 2015. – № 8. – С. 29-30.

28. **Лоретц О.Г., Барашкин М.И.** Повышение качества молока-сырья с использованием принципов ХАССП // Аграрный вестник Урала № 8 (100). – 2012. – С. 41-42.

29. **Мезенцев С.В.** Состояние безопасности животного сырья // Вестник Алтайского ГАУ. – № 2 (112). – 2014. – С. 83-88.

30. **Раева Н.Р.** Контрольно-надзорная деятельность на молокоперерабатывающих предприятиях // Молочная пром-сть. – 2018. – № 4. – С. 4-7.

31. Перечень стандартов, содержащих правила и методы исследований (испытаний) и измерений, в том числе правила отбора образцов, необходимые для применения и исполнения требований технического регламента Таможенного союза и осуществления оценки (подтверждения) соответствия продукции технического регламента Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции» (ТР ТС 033/2013) [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/499097644> (дата обращения: 10.04.2017).

32. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности мяса и мясной продукции» (ТР ТС 034/2013).

33. Микробиологический контроль качества продуктов питания [Электронный ресурс]. – URL: <http://infection-net.ru/profilaktika/mikrobiologicheskij-kontrol-kachestva-produktov-pitaniya> (дата обращения: 13.04.2017).

34. Аналитические методики для контроля пищевых продуктов и продовольственного сырья. ч. 2. Инструментальные методы эколого-аналитического контроля /

Под ред. канд. фармацевт. наук А.Б. Белова, С.Н. Быковского. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Перо, 2014. – 150 с.

35. **ГОСТ 26809.1-2014.** Молоко и молочная продукция. Правила приемки, методы отбора и подготовка проб к анализу. Часть 1. Молоко, молочные составные и молокосодержащие продукты.

36. **ГОСТ 26809.2-2014.** Молоко и молочная продукция. Правила приемки, методы отбора и подготовка проб к анализу. Часть 2. Масло из коровьего молока, спреды, сыры и сырные продукты, плавленые сыры и плавленые сырные продукты (с поправками).

37. **ГОСТ Р ИСО 707-2010.** Молоко и молочные продукты. Руководство по отбору проб.

38. **ГОСТ Р 56933-2016.** Оценка соответствия. Порядок обязательного подтверждения соответствия продукции требованиям технического регламента Таможенного союза «О безопасности мяса и мясной продукции».

39. **ГОСТ Р 51447-99 (ИСО 3100-1-91).** Мясо и мясные продукты. Методы отбора проб.

40. Концентрирующие патроны ДИАПАК: проспект ЗАО «БиоХимМакСТ», б/г. – 52 с.

41. **ГОСТ Р 8.563-2009.** Государственная система обеспечения единства измерений. Методики (методы) измерений.

42. Ультразвуковой метод [Электронный ресурс]. – URL: <http://masters.donntu.org/2008/kita/lazarenko/library/index3.html> (дата обращения: 28.03.2017).

43. Lactoscan Expert WLS/MCC [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.analizator-moloka.ru/expert/> (дата обращения: 06.03.2018).

44. Анализаторы молока [Электронный ресурс]. – URL: <http://petrolabspb.ru/analizatory-moloka> (дата обращения: 07.03.2018).

45. Анализаторы молока: просп. ООО «АТЛ», б/г. – 6 с.

46. Методика выполнения измерений показателей состава и плотности молока и других молочных продуктов ультразвуковым методом: прил. 3 к инструкции по эксплуатации анализатора молока Ekomilk (утверждена 21.01.2005) [Электронный ресурс]. – URL: <http://partner-ufo.ru/doc/109-instruktsii/287-metodika-vypolneniya-izmerenij-mvi-pokazatelej-so> (дата обращения: 24.03.2017).

47. Анализаторы молока и молочных продуктов Foss [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.dia-m.ru/lab/analizatory-moloka-i-molochnyh-produktov/vendor-foss-tecator/> (дата обращения: 19.03.2018).

48. Анализатор молочных продуктов FOSS MilkoScan™ Mars [Электронный ресурс]. – URL: <http://ekomilk.ru/product/view/248> (дата обращения: 19.03.2018).

49. Анализатор жидких молочных продуктов MilkoScan FT1 Advanced [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.dia-m.ru/lab/analizatory-moloka-i-molochnyh-produktov/foss-tecator-milkoscan-analizator-zhidkih-molochnyh-produktov-milkoscan-ft1-advanced/> (дата обращения: 19.03.2018).

50. Анализатор молока MilkoScan Minor [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.dia-m.ru/lab/analizatory-moloka-i-molochnyh-produktov/foss-tecator-milkoscan-minor-analizator-moloka-milkoscan-minor/> (дата обращения: 19.03.2018).

51. Анализатор твердых и вязких молочных продуктов FoodScan [Электронный ресурс]. – URL: <http://foss.su/foodscan-for-dairy-products> (дата обращения: 19.03.2018).

52. MilkoStream™ FT [Электронный ресурс]. – URL: <https://foss-ua.com/product/milkostream-ft> (дата обращения: 19.03.2018).

53. ProFoss™ Dairy [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.fossanalytics.com/ru-ru/products/profoss-dairy> (дата обращения: 19.03.2018).

54. Анализатор сухого молока NIRSTM DS2500 [Электронный ресурс]. – URL: https://www.fossanalytics.com/ru-ru/products/nirs-ds2500-dairy-powder-analyser#Slider_ProductMultiImageSpot (дата обращения: 19.03.2018).

55. MilkoScan Minor для молочной продукции [Электронный ресурс]. – URL: <http://foss.su/milkoscan-minor-milk> (дата обращения: 19.03.2018).

56. Анализатор MilkoScan™ Mars: проспект ДИАМ, б/г. – 5 с.

57. MilkoScan FT2 – инфракрасный анализатор качества молока и молочных продуктов [Электронный ресурс]. – URL: <http://foss.su/milkoscan-ft2-milk> (дата обращения: 15.03.2018).

58. КомбиФосс ФТ+ [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.biokonbrio.ru/katalog/moloko/combifoss-ft/> (дата обращения: 20.03.2018).

59. Анализатор инфракрасный молока и молочных продуктов MPA Bruke [Электронный ресурс]. – URL: <https://kolba24.ru/product/analizator-moloka-mpa-bruke/> (дата обращения: 05.06.2018).

60. Анализатор инфракрасный для молочных продуктов TANGO-R Bruker [Электронный ресурс]. – URL: <https://kolba24.ru/product/analizator-tango-r/> (дата обращения: 05.06.2018).

61. Скоростной инфракрасный анализатор качества молока Лактан 1-4М исп. 700S (в комплекте с транспортером и ноутбуком) [Электронный ресурс]. – URL: http://sibagropribor.ru/catalog/milk_analyzer/laktan-700s/#tab2 (дата обращения: 19.03.2018).

62. Универсальный многофункциональный ИК анализатор DA 7250 [Электронный ресурс]. – URL: <https://soctrade.prom.ua/p246920013-universalnyj-mnogofunktionalnyj-analizator.html> (дата обращения: 20.03.2018).

63. Анализатор в ближнем инфракрасном диапазоне DA 7250 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.perten.com/ru/3/----DA-7250/> (дата обращения: 20.03.2018).

64. Комбинированная система DairySpec FT Combi [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.bentleyplemtech.ru/index.php?id=201&module=pages> (дата обращения: 20.03.2018).

65. Комбинированная система FTS Combi [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.bentleyplemtech.ru/index.php?module=pages&id=107> (дата обращения: 20.03.2018).

66. Приборно-методические решения для молочной промышленности: проспект ГК аналитического приборостроения «Люмэкс», б/г. – 4 с.

67. Приборы и лабораторное оборудование для агропромышленного комплекса: проспект ГК аналитического приборостроения «Люмэкс», б/г. – 4 с.

68. Приборы и оборудование для предприятий масложировой промышленности: проспект ГК аналитического приборостроения «Люмэкс», б/г. – 4 с.

69. Кузьмичева А.М., Калмыкова Е.А., Кудинова Н.В., Носкова Н.Ю. Новый экспресс-метод оценки качества молока с использованием анализатора дисперсий LUMiFuge // Молочная промышленность. – 2018. – № 4. – С. 27-29.

70. Автоматический анализатор мочевины в молоке ChemSpec 150 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.bentleyplemtech.ru/index.php?module=pages&id=77> (дата обращения: 04.04.2018).

71. Анализатор SkalarSAN++ для определения содержания мочевины в молоке: просп. ООО «Неохром». – М, б/г. – 2 с.

72. Мочевина в молоке [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.soctrade.in.ua/otrasli-primeneniya/selhozprodukcija/produkty/mochevina/> (дата обращения: 04.04.2018).

73. БИК-анализатор мяса MeatScan, Foss [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.dia-m.ru/lab/analizatory-myasa-i-myasoproduktov/foss-tecator-meatscan-analizator-zhirnosti-myasa-meatscan/> (дата обращения: 02.04.2018).

74. Экспресс-анализаторы для мясной и рыбной промышленности: просп. ДИАМ, б/г. – 2 с.

75. ИК-анализатор мяса птицы и мясного фарша ProFoss, поточный [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.dia-m.ru/lab/analizatory-myasa-i-myasoproduktov/foss-tecator-profoss-potochnyj-analizator-dlya-myasa-pticy-i-myasnogo-farsha-profoss/> (дата обращения: 02.04.2018).

76. СагроСпектроМатик исп. 300 [Электронный ресурс]. – URL: http://granat-e.ru/sagrospectromatic_300.html (дата обращения: 02.04.2018).

77. Инфракрасный анализатор СибСКАН (мясные продукты) [Электронный ресурс]. – URL: http://sibagropribor.ru/catalog/infrakrasnye_analizatory/infrakrasnyu_analizator_sibskan_myasnye_produkty/ (дата обращения: 03.04.2018).

78. Анализатор инфракрасный «ИнфраЛИУМ® ФТ-12» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.lumex.ru/catalog/infralyum-ft-12.php> (дата обращения: 02.04.2018).

79. Эффективное решение для мясной индустрии [Электронный ресурс]. – URL: http://www.lumex.ru/application/17LRU00.11.01-2_web.pdf (дата обращения: 02.04.2018).

80. Газетдинов Р.Р., Хуснутдинова М.Р., Маликова А.Т., Бляхина И.М. Определение кислотности и белков молока потенциометрическим титрованием // Междунар. журн. прикладных и фундаментальных исслед. – № 12. – 2015. – С. 245-246.

81. Таблица соотношения кислотности в градусах Тернера и pH [Электронный ресурс]. – URL: <http://agrolab-nsk.ru/posts/1858213> (дата обращения: 18.09.17).

82. Аналитическое лабораторное оборудование. Титратор потенциометрический автоматический АТП-02: просп. «Аквилон», б/г. – 49 с.

83. Титраторы [Электронный ресурс]. – URL: <http://dv-expert.org/laboratornoe-oborudovanie/titrator> (дата обращения: 20.02.2018).

84. Титратор G20 [Электронный ресурс]. – URL: http://www.loip.ru/catalog/titrator/avtomaticheskij-titrator-g20_84529/ (дата обращения: 20.02.2018).

85. Титратор автоматический Easy pH (Mettler Toledo) [Электронный ресурс]. – URL: <http://dv-expert.org/laboratornoe-oborudovanie/titrator/mettler-toledo/titrator-avtomaticheskii-easy-ph-mettler-toledo> (дата обращения: 20.02.2018).

86. Титратор автоматический TitroLine 5000 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.loip.ru/catalog/titratory/titrator-titroline-5000/> (дата обращения: 20.02.2018).

87. Титратор автоматический TitroLine 7000 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.loip.ru/catalog/titratory/titrator-titroline-7000/> (дата обращения: 20.02.2018).

88. Титратор автоматический универсальный TitroLine 7750 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.loip.ru/catalog/titratory/titrator-avtomaticheskij-universalnyy-titroline-7750/> (дата обращения: 20.02.2018).

89. Потенциометрический титратор SI Analytics TitroLine 6000 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.analytic-spb.ru/analitika/titratory/titroline6000> (дата обращения: 20.02.2018).

90. TitroLine 7800 SI Analytics – универсальный автоматический титратор [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.moslabo.ru/production/analitich/titratorylab/19/> (дата обращения: 27.02.2018).

91. Потенциометрические титраторы Titrimo plus от Metrohm AG [Электронный ресурс]. – URL: <http://phct.ru/potenciometricheskie-titratory-titrino-plus/> (дата обращения: 27.02.2018).

92. Портативный pH-метр/милливольтметр pH-420 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.akvilon.su/products/analiticheskoe-oborudovanie/ph-metry/ph-metry-portativnye/ph-metry-portativnye-akvilon/6549/> (дата обращения: 10.10.2017).

93. pH-метр pH-420 [Текст]: листок-каталог. – Изд. ЗАО «Аквилон», б/г. – 6 с.

94. Ионмер И-510 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.akvilon.su/products/analiticheskoe-oborudovanie/ionometry/ionometry-portativnye-rossija/6548/> (дата обращения: 10.10.2017).

95. pH-метр-термометр Нитрон-pH [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.analit-sv.ru/php/index.php?item=133> (дата обращения: 10.10.2017).

96. Таблица соотношения кислотности молока в градусах Тернера и pH. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.dpva.ru/Guide/GuideChemistry/pH/TernerDegVsPh/> (дата обращения: 30.10.2017).

97. МИКОН-2 (нитрат нитрит) – комплект для измерения концентрации нитратов и нитритов [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.analit-sv.ru/php/index.php?item=59> (дата обращения: 30.10.2017).

98. Нитратомер Созкс [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.analit-sv.ru/php/index.php?item=543> (дата обращения: 27.02.2018).

99. pH-метр/ионмер ИТАН [Электронный ресурс]. – URL: <http://tomanalyt.ru/ru/catalog/ph-metry-ionometry-/280-rn-metr-ionomer-itan/> (дата обращения: 27.02.2018).

100. Ионмер И-160М [Электронный ресурс]. – URL: <http://techob.ru/katalog/katalog-priborov/elektrokhimicheskij-analiz/8.3.-rn-metry-i-ionometry/rn-metry-i-gomelskij-zip/ionomer-i-16> (дата обращения: 28.02.2018).

101. Ионмер лабораторный И-160МИ [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.izmtch.ru/upload/Instr\(Pribor\)%D0%98-160M%D0%98_fr.pdf](http://www.izmtch.ru/upload/Instr(Pribor)%D0%98-160M%D0%98_fr.pdf) (дата обращения: 28.02.2018).

102. Новое поколение inoLab [Электронный ресурс]. – URL: http://www.ecoinstrument.ru/upload/iblock/0c1/110824_inoLab-Broschuere_RU_A4_PC_ECOINSTRUMENT.pdf (дата обращения: 02.03.2018).

103. Лабораторный pH-метр WTW inoLab pH 7310 [Электронный ресурс]. – URL: http://dv-expert.org/proizvoditeli/wtw/laboratornyy-ph-metr-inolab--ph-7310?utm_source=yandex&utm_medium=cpc&utm_campaign=cid|24944043|search&utm_term=InoLab%20%207310&utm_content=gid&yclid=1024907023153373592 (дата обращения: 06.03.2018).

104. Стационарные pH-метры Mettler Toledo [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.ssci-ltd.ru/stacionarnyye-ph-metry-mettler-toledo> (дата обращения: 02.03.2018).

105. pH-метры [Электронный ресурс]. – URL: https://moemgorod.com/category/ph-meters/?_openstat=ZGlyZWNOlnlhbmRleC5ydTsxMDQyNTElOzk4NzM5NjM4O3lhbmRleC5ydTpwcmVtaXVt&yclid=940672979171811476 (дата обращения: 02.03.2018).

106. pH-метры [Электронный ресурс]. – URL: <http://hannarus.ru/catalog/ph-metry/?yclid=1003847954937422314> (дата обращения: 02.03.2018).

107. pH-метр/термометр для мяса HANNA HI99163N (pH/T)73 [Электронный ресурс]. – URL: sa-hanna-hi-99163n?utm_source=yandex&utm_medium=cpc&utm_campaign=cid|25335844|search&utm_term=HI_99163&utm_content=gid&yclid=1004755882456129686 (дата обращения: 05.03.2018).

108. pH-метры Ohaus: проспект ООО «ЭКОИНСТРУМЕНТ», б/г. – 4 с.

109. pH-метр F2-Standard (Mettler Toledo) [Электронный ресурс]. – URL: <http://dv-expert.org/laboratornoe-oborudovanie/ph-metr/mettler-toledo/ph-metr-f2-standard-mettler-toledo>.

110. pH-метр S2-Standard Kit Seven2Go (Mettler Toledo) [Электронный ресурс]. – URL: <http://dv-expert.org/laboratornoe-oborudovanie/ph-metr/mettler-toledo/ph-metr-s2-standard-kit-seven2go-mettler-toledo> (дата обращения: 05.03.2018).

111. Прибор для измерения pH/°C TESTO 206 pH2 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.testo.ru/ru-RU/testo-206-ph2/p/0563-2062> (дата обращения: 05.03.2018).

112. Прибор для измерения pH/°C TESTO 206 pH1 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.kuvalda.ru/catalog/7355/30469/> (дата обращения: 05.03.2018).

113. ProfiLine 3110/3210/3310 Портативные pH-метры [Электронный ресурс]. – URL: http://www.soctrade.com/laboratornoe_oborudovanie/profiline-3110-3210-3310-portativnye-ph-metry.phtml (дата обращения: 05.03.2018).

114. Checker® pH Tester HI 98103 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.ecoinstrument.ru/catalog/karmannye/checker/> (дата обращения: 05.03.2018).

115. Testo 205 – портативный pH-метр [Электронный ресурс]. – URL: https://novapribor.ru/catalog/monitoring_gigieny/testo_205_portativnyy_ph_metr/?r1=yandext&r2=&yclid=1006167314210234856 (дата обращения: 05.03.2018).

116. **Галкин А.В., Трепалина Е.** О соматических клетках в молоке // Молочная река. – 2015. – № 1. – С. 46-47.

117. Анализатор соматических клеток в молоке Соматос-В-4К четырёхканальный [Электронный ресурс]. – URL: http://www.laborkomplekt.ru/?page=7&sid=4&sr_id=52&iid=9094 (дата обращения: 12.03.2018).

118. Анализатор Соматос-В (2К)-26 [Электронный ресурс]. – URL: <https://propribory.ru/page/product?id=4025&> (дата обращения: 12.03.2018).

119. Анализатор Соматос-В [Электронный ресурс]. – URL: <https://propribory.ru/page/product?id=3340&> (дата обращения: 12.03.2018).

120. Анализатор прямого подсчёта соматических клеток и бактериальной обсеменённости в молоке NEW SCC [Электронный ресурс]. – URL: <https://sibagropartner.tiu.ru/p286236681-analizator-pryamo-podschyota.html> (дата обращения: 13.03.2018).

121. Анализаторы соматических клеток в молоке DCC. Приложение к свидетельству № 63513 об утверждении типа средств измерений. – 2016. – 3 с.

122. Анализатор соматических клеток в молоке DCC [Электронный ресурс]. – URL: http://sibagropribor.ru/catalog/somaticheskie_kletki/dcc/ (дата обращения: 12.03.2018).

123. Анализатор NEW SCC [Электронный ресурс]. – URL: <https://propribory.ru/page/product?id=19619&> (дата обращения: 12.03.2018).

124. **Панкратова О.Ю.** Объективный контроль количества соматических клеток в молоке // Переработка молока. – 2017. – № 3. – С. 16-17.

125. Анализатор Lactoscan WLS/MCC NEW COMBO [Электронный ресурс]. – URL: <https://propribory.ru/page/product?id=3953&> (дата обращения: 12.03.2018).

126. Lactoscan Expert WLS/MCC [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.analizator-moloka.ru/expert/> (дата обращения: 12.03.2018).

127. Анализатор молока и количества соматических клеток Expert WLS/MCC new Combo [Электронный ресурс]. – URL: http://nevaprofi.ru/analizatory-moloka-lactoscan/article_post/7798606 (дата обращения: 13.03.2018).

128. Анализаторы соматических клеток в молоке Somacount мод. SCC150,

SCC300, SCC500, Combi 150/2300/2500 [Электронный ресурс]. – URL: <http://td-str.ru/file.aspx?id=15172> (дата обращения: 13.03.2018).

129. Аналитическое оборудование для анализа качества сырого молока [Электронный ресурс]. – URL: http://www.dairynews.ru/news/analiticheskoe_oborudovaniye_dla_analiza_kachestv7948.html (дата обращения: 14.03.2018).

130. Счетчики Somacount, SCC 150, SCC 300, SCC 500 [Электронный ресурс]. – URL: <http://bentleyagro.com.ua/laboratornoe-oborudovanie/analizatory-moloka/schetchiki-somacount-scc-150-scc-300-scc-500> (дата обращения: 14.03.2018).

131. Модельный ряд анализаторов молока [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.bentleyplemtech.ru/index.php?module=pages&id=37> (дата обращения: 14.03.2018).

132. Счетчик соматических клеток для молока/автоматический Somacount FCM [Электронный ресурс]. – URL: http://www.agriexpo.ru/prod/bentley-instruments/product-181129-48108.html#product-item_48107 (дата обращения: 14.03.2018).

133. Анализатор соматических клеток Somacount FC [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.bentleyplemtech.ru/index.php?module=pages&id=200> (дата обращения: 14.03.2018).

134. Анализатор соматических клеток Fossomatic FC [Электронный ресурс]. – URL: <http://foss.su/fossomatic-fc-milk> (дата обращения: 15.03.2018).

135. Анализатор соматических клеток Fossomatic FC [Электронный ресурс]. – URL: <https://agrosrver.ru/b/analizator-somaticheskikh-kletok-fossomatic-fc-423947.htm> (дата обращения: 15.03.2018).

136. Краткий сравнительный анализ методов определения содержания соматических клеток (ССК) в молоке [Электронный ресурс]. – URL: http://sibagropribor.ru/helpful-articles/kratkiy_sravnitelnyy_analiz_metodov/ (дата обращения: 13.03.2018).

137. Анализатор соматических клеток EkoScope [Электронный ресурс]. – URL: <https://labmoloko.ru/shop/oborudovanie-dlya-analiza-moloka/analizatory-moloka/analizator-somaticheskikh-kletok-ekoscope> (дата обращения: 13.03.2018).

138. **Тагарникова Н.А., Мауль О.Г.** Антибиотики в пищевых продуктах // Изв. Оренбургского ГАУ. – № 5 (49). – 2014. – С. 208-211.

139. **Доронин А.Ф., Павлова В.Т., Балаханов М.В., Давыдова Е.В., Добровольский В.И., Лесков А.С., Стахеев А.А.** Обеспечение контроля безопасности пищевых продуктов – одна из важнейших задач пищевой пром-сти // Пищевая промышленность. – 2013. – № 5. – С. 14-17.

140. **Кириичная В.К.** Контроль содержания антибиотиков в пищевых продуктах хроматографическими методами // Пищевая пром.-сть. – 2013. – № 8. – С. 52-54.

141. Иммуноферментный анализ. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.gpedia.com/ru/gpedia> (дата обращения: 20.03.2017).

142. МУК 4.1.1912-04 Определение остаточных количеств левомицетина (хлорамфеникола, хлормицетина) в продуктах животного происхождения методом высокоэффективной жидкостной хроматографии и иммуноферментного анализа. Утв. 06.03.2004. – М., 2004 [Электронный ресурс] – URL: <http://meganorm.ru/Index2/1/4293829/4293829509.htm> (дата обращения: 20.03.2017).

143. МУ 4.21.2158-07 Определение остаточных количеств антибиотиков тетрациклиновой группы и сульфаниламидных препаратов в продуктах животного происхождения методом иммуноферментного анализа. Утв. 18.01.2007. – М., 2007. – 36 с.

144. **Полянских Е.И., Полоневич А.Г., Бельшева Л.Л.** Методика контроля остаточного содержания антибиотиков пенициллиновой группы в продукции жи-

вотного происхождения // Химическая безопасность. – 2017. – Т. 1. – № 1. – С. 200-215.

145. **Юрова Е.А.** Хроматографические методы анализа // Молочная пром-сть. – № 2. – 2010. – С. 16-18.

146. Системы ВЭЖХ Agilent InfinityLab: проспек. компании «Agilent Technologies» (США). – 2016. – 16 с.

147. ВЭЖХ Agilent 1260 Infinity II: проспек. компании «Аврора», б/г. – 11 с.

148. Газовый хроматограф Agilent 7890В: проспек. компании «Agilent Technologies» (США). – 2013. – 23 с.

149. Системы ГХ Agilent 9000 Intuvo: проспек. компании «Аврора», б/г. – 7 с.

150. Пищевая безопасность. Анализ продуктов питания: проспек. компании «Agilent Technologies» (США). – 2015. – 8 с.

151. Определение множественных остаточных тетрациклинов и их метаболитов в молоке с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) – тандемной масс-спектрометрии. Yanyan Fang, Hao Zhai, and Yun Zou Determination of Multi-Residue Tetracyclines and their Metabolites in Milk by High Performance Liquid Chromatography – Tandem Mass Spectrometry. Agilent Technologies, Inc., – 2009. – 13 с.

152. Трехквадрупольный масс-спектрометр с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС) Agilent 8900: проспек. компании «Agilent Technologies» (США), б/г. – 11 с.

153. Анализ 122 ветеринарных лекарств в мясе с помощью всеионной тандемной масс-спектрометрии с помощью времяпролётного квадрупольного микро-масс-спектрометра УВЭЖХ Agilent 1290/6545 Tarun Anumol, Joan Stevens, Dan-Hui Dorothy Yang, and Jerry Zweigenbaum Analysis of 122 Veterinary Drugs in Meat Using All Ions MS/MS with an Agilent 1290/6545 UHPLC-Q-TOF System: проспек. компании «Agilent Technologies» (США). – 2016. – 13 с.

154. **Дороти Янг Д.-Х., Фандино А., Пай Н.** Многокомпонентный скрининг и количественное определение пестицидов в сложных матрицах пищевых продуктов с применением трехквадрупольного масс-спектрометра Agilent 6495: проспек. компании «Agilent Technologies» (США). – 2014. – 8 с.

155. Оборудование для хроматографии и масс-спектрометрии: проспек. компании «Элемент». – 2016. – 26 с.

156. Газовый хроматосс-спектрометр GCMS-QP2010 Ultra: проспек. компании «Элемент», б/г. – 2 с.

157. Жидкостные хроматографы Nexera-i, Prominence-i: проспек. компании «Элемент», б/г. – 2 с.

158. Обеспечение качества и безопасности пищевых продуктов с помощью аналитического и испытательного оборудования компании Шимадзу: проспек. компании «Shimadzu», 2014. – 16 с.

159. Хроматографы жидкостные СТАЙЕР и СТАЙЕР-М: проспек. ЗАО «Аквилон», б/г. – 42 с.

160. Производство аналитического и лабораторного оборудования: каталог ЗАО «Аквилон», б/г. – 132 с.

161. **Краснова Т.А., Амелин В.Г.** Идентификация остаточных количеств антибиотиков в пищевых продуктах методом масс-спектрометрии // Пищевая пром-сть. – 2013. – № 10. – С. 24-26.

162. Левометицин стандарт [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.prochrom.ru/ru/?idp=hgr&id=107> (дата обращения: 02.02.2017).

163. Определение афлатоксина М1 в молоке и кисломолочных продуктах [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.lumex.ru/metodics/10AR02.08.05-1.pdf> (дата обращения: 12.04.2018).

164. Аналитическое оборудование: каталог ГК «Люмэкс». – 2015/2016. – 160 с.

165. **Бровко А.В., Тихомирова О.В., Гончарук Е.П.** Использование атомно-абсорбционной спектроскопии для определения концентрации тяжелых металлов в объектах окружающей среды, пищевых продуктах и продовольственном сырье // Здоровье. Медицинская экология. Наука. – № 3 (66). – 2016. – С. 171-174.

166. Атомно-абсорбционные спектрометры КВАНТ-2 (модификации Квант-2м1 и Квант-2мт) [Электронный ресурс]. – URL: <http://cortec.ru/index.php?id=20> (дата обращения: 16.04.2018).

167. Метрологические характеристики «Квант-2мт» [Электронный ресурс]. – URL: <http://cortec.ru/index.php?id=57> (дата обращения: 16.04.2018).

168. Спектрометр атомно-абсорбционный с электротермической атомизацией КВАНТ.Z [Электронный ресурс]. – URL: <http://cortec.ru/index.php?id=30> (дата обращения: 16.04.2018).

169. Атомно-абсорбционный спектрометр А-2 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.akvilon.ru/products/analiticheskoe-oborudovanie/spektrometricheskoe-oborudovanie/spektrometry/atomno-absorbicionnye-spektrometry/5601/> (дата обращения: 16.04.2018).

170. Комбинированный атомно-абсорбционный спектрометр А-2: просп. НПО «Интерфотифизика», б/г. – 11с.

171. Анализатор ртути РА-915М. Приставки РП-92, УРП, ПИРО-915+, РП-91НГ: просп. ООО «ЛЮМЭКС-МАРКЕТИНГ», б/г. – 4 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОЛИТИКА И НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ ПРОДУКЦИИ ЖИВОТНОВОДСТВА	6
2. НОРМАТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ПРИ КОНТРОЛЕ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ	15
2.1. Молоко и молочная продукция	15
2.2. Мясо и мясная продукция.....	29
3. ОТБОР ПРОБ ПРИ КОНТРОЛЕ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ ПРОДУКЦИИ ЖИВОТНОВОДСТВА	39
3.1. Молоко и молочная продукция	39
3.2. Мясо и мясная продукция.....	43
4. МЕТОДЫ И ПРИБОРЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ ЖИВОТНОВОДСТВА	48
4.1. Ультразвуковой метод и приборы контроля качества молока и молочной продукции.....	48
4.2. Инфракрасные анализаторы качества молока и молочной продукции	60
4.3. Анализаторы мочевины в сыром молоке	79
4.4. Методы и приборы контроля качества мяса и мясной продукции....	83
4.5. Титриметрические методы и приборы.....	89
4.6. Ионметрические методы и приборы	107
5. МЕТОДЫ И ПРИБОРЫ КОНТРОЛЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОДУКЦИИ ЖИВОТНОВОДСТВА	125
5.1. Анализаторы соматических клеток в молоке	125
5.2. Методы контроля антибиотиков в молоке и молочной продукции	137
5.3. Определение показателей безопасности методами хроматографического анализа.....	141
5.4. Определение тяжелых металлов методами атомно-абсорбционной и атомно-эмиссионной спектроскопии	157
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	162
ЛИТЕРАТУРА	165

**Вячеслав Филиппович Федоренко,
Николай Петрович Мишуров,
Дмитрий Саввич Буклагин**

**МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ
ПРОДУКЦИИ ЖИВОТНОВОДСТВА**

Научный аналитический обзор

Редактор *М.А. Обознова*
Обложка художника *П.В. Жукова*
Компьютерная верстка *А.Г. Шалгинских*
Корректоры: *В.А. Белова, С.И. Ермакова*

fgnu@rosinformagrotech.ru

Подписано в печать 28.11.2018 Формат 60x84/16
Печать офсетная Бумага офсетная Гарнитура шрифта «Times New Roman»
Печ. л. 11,0 Тираж 500 экз. Изд. заказ 134 Тип. заказ 635

Отпечатано в типографии ФГБНУ «Росинформагротех»,
141261, пос. Правдинский Московской обл., ул. Лесная, 60

ISBN 978-5-7367-1448-3



9 785736 714483

ПОДПИСЫВАЙТЕСЬ НА ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ МИНСЕЛЬХОЗА РОССИИ

Информационный бюллетень Минсельхоза России выпускается ежемесячно тиражом более 4000 экземпляров и распространяется во всех регионах страны, поступает в органы управления АПК субъектов Российской Федерации. В журнале публикуются материалы информационно-аналитического характера о деятельности Министерства по реализации государственной аграрной политики, отражаются приоритеты, цели и направления развития сельского хозяйства и сельских территорий, материалы о мероприятиях, проводимых с участием первых лиц государства по вопросам развития отрасли, освещается ход реализации Госпрограммы на 2013-2020 годы.

Вы прочтете проблемные статьи и интервью с руководителями регионов, ведущими учеными-аграрниками, руководителями сельхозпредприятий и фермерами. Широко представлены новости АПК регионов.

В приложении к Информационному бюллетеню публикуются официальные документы – постановления Правительства России, законодательные и нормативные акты по вопросам АПК, приказы Минсельхоза России.

**Подписку можно оформить через Роспечать (индекс 37138)
и редакцию с любого месяца и на любой период,
перечислив деньги на наш расчетный счет.
Стоимость подписки на 2019 г. с учетом доставки
по Российской Федерации – 4512 руб. с учетом НДС (10%);
376 руб. с учетом НДС (10%) за один номер.**

Банковские реквизиты: УФК по Московской области
(Отдел №28 Управления Федерального казначейства по МО)
ИНН 5038001475 / КПП 503801001 ФГБНУ «Росинформагротех»,
п/с 20486Х71280, р/с 40501810545252000104 в ГУ Банка России
по ЦФО БИК 044525000 в назначении платежа указать

**Журнал уже получают тысячи сельхозтоваро-
производителей России и стран СНГ**

В Информационном бюллетене Минсельхоза России Вы можете разместить свои аналитические и рекламные материалы, соответствующие целям и профилю журнала. Размещение рекламы можно оформить через ФГБНУ «Росинформагротех» перечислив деньги на наш расчетный счет.

Телефоны для справок: 8 (496) 531-19-92,
(495) 993-55-83,
(495) 993-44-04.

Факс 8 (496) 531-64-90

e-mail: market-fgnu@mail.ru, ivanova-fgnu@mail.ru



