

Научная статья
УДК 621.3

Анализ и оценка способов и устройств для определения жирности молока

Виктор Гаврилович Петько¹, Андрей Петрович Козловцев¹, Максим Борисович Фомин¹,
Валерий Валерьевич Кононец¹, Маргарита Алексеевна Христиановская²

¹ Оренбургский ГАУ

² Санкт-Петербургский ГУВМ

Аннотация. Содержание жира в молоке является одним из основных показателей, определяющих его потребительские свойства. Контроль жирности молока на всех этапах его производства и переработки относится к задаче первостепенной важности. В настоящее время существует много разновидностей косвенных методов измерения жирности молока: фотометрические, ультразвуковые, кондуктометрические, высокочастотные, инфракрасной спектроскопии и многие другие. В работе представлены результаты сравнения различных методов измерения жирности молока. Отмечено, что косвенные методы, несмотря на удобство их использования, не могут давать достоверные результаты ввиду неоднозначности связи контролируемых ими признаков с процентным содержанием жира в молоке. Более объективными являются методы, основанные на выделении жира из проб молока и прямом измерении полученного объема или массы жира. В наиболее простом варианте это осуществляется в домашних условиях путём отстаивания молока в цилиндрическом сосуде в течение 8–9 час. и приблизительной оценки жирности по высоте слоя сливок. Однако на производстве широко применяется более точный кислотный метод определения жирности молока, при котором выделение жира осуществляется путём воздействия на молоко серной кислоты и изоамилового спирта. В работе дано описание безопасного и менее трудоёмкого безкислотного способа и устройства для определения жирности молока, защищённых патентом № 2737257. Выделение жира происходит путём многократного взбалтывания молока в пробирке с последующим нагревом до 60–65 °С, центрифугированием и фиксированием показаний по высоте столба жира в капилляре.

Ключевые слова: определение жирности молока, методы, центрифуга, пробирка, капилляр, взбалтывание, нагрев.

Для цитирования: Анализ и оценка способов и устройств для определения жирности молока / В.Г. Петько, А.П. Козловцев, М.Б. Фомин [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 1 (87). С. 163–167.

Original article

Analysis and evaluation of methods and devices for determining the fat content of milk

Victor G. Petko¹, Andrey P. Kozlovtssev¹, Maxim B. Fomin¹,
Valery V. Kononets¹, Margarita A. Khrisianovskaya²

¹ Orenburg State Agrarian University

² Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine

Abstract. The fat content in milk is one of the main indicators that determine its consumer properties. Therefore, controlling the fat content of milk at all stages of its production and processing is of paramount importance. Currently, there are many varieties of indirect methods for measuring the fat content of milk, such as: photometric, ultrasonic, conductometric, high-frequency, infrared spectroscopy and many others. In the reviewed work, it is noted that indirect methods for measuring the fat content of milk, despite the convenience of their use, cannot give reliable results due to the ambiguity of the relationship between the traits they control and the percentage of fat in milk. In this regard, methods based on the extraction of fat from milk samples and direct measurement of the volume or mass of fat obtained are more objective. In the simplest version, this is done at home by settling milk in a cylindrical vessel for 8–9 hours and an approximate estimate of fat content by the height of the cream layer. However, at industrial enterprises, a more accurate acid method for determining the fat content of milk is widely used, in which the release of fat is carried out by exposing the milk to sulfuric acid and isoamyl alcohol. The paper describes a safe and less time-consuming acid-free method and device for determining the fat content of milk, protected by patent No. 2737257. Fat is released by repeatedly shaking milk in a test tube, followed by heating to 60–65 °C, centrifuging and fixing the readings along the height of the fat column in the capillary.

Keywords: determination of fat content of milk, methods, centrifuge, test tube, capillary, shaking, heating.

For citation: Analysis and evaluation of methods and devices for determining the fat content of milk / V.G. Petko, A.P. Kozlovtssev, M.B. Fomin et al. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2021; 87(1): 163–167 (In Russ.).

Содержание жира в молоке является одним из основных показателей, характеризующих его потребительские свойства. Жирность коровьего молока, в зависимости от породы, может колебаться от 2,1 до 14,2 % [1]. Согласно ГОСТу Р 52054–2003 по физико-химическим показателям молоко должно соответствовать норме жирности не менее 2,6 %. Жирность молока зависит от возраста коровы, особенностей содержания, состава, качества кормов и других параметров [2]. В процессе производства и переработки молока требуется оперативно и точно определять его жирность как при доении коров на животноводческих фермах, так и при дальнейшей его транспортировке и реализации [3]. Существуют различные способы определения жирности молока и устройства (жиромеры) для их реализации [4].

Цель настоящей работы – анализ и оценка существующих способов определения жирности молока, а также определение путей их совершенствования.

Материал и методы. Одними из существующих устройств для определения жирности молока являются фотометрические жиромеры [5], жирность молока в которых определяется в зависимости от степени проницаемости молока пропускаемым через него световым потоком. В ультразвуковых жиромерах используется зависимость скорости распространения, степени поглощения или рассеивания звуковых волн от содержания жира в молоке. Используются также

жиромеры, основанные на измерении физических свойств молока: удельной теплоёмкости, удельной проводимости (кондуктометрические) [6], диэлектрической проницаемости (высокочастотные) [7], а также жиромеры инфракрасной спектроскопии.

Наибольшее распространение получили прямые методы измерения жирности молока. Одним из них является гравиметрический метод определения содержания жира. Основан он на извлечении (экстракции) жира органическими растворителями с низкой температурой кипения и последующим определением количества жира в экстракте [8].

Широко используется как на животноводческих фермах, пунктах первичной обработки молока, так и на крупных молокозаводах кислотный метод (метод Гербера) [9, 10]. Основан он на действии серной кислоты на казеино-кальциевый комплекс молока, в результате которого образуется двойное растворимое соединение казеина с серной кислотой.

Измерения по данному методу осуществляются следующим образом. В жиромер в виде пробирки, оканчивающейся капилляром определённой длины, заливается дозированное количество серной кислоты и изоамилового спирта. Оставшийся объём пробирки (примерно половина общего объёма) заполняется молоком, жирность которого требуется определить. Пробирка закрывается пробкой, смесь перемешивается, в

результате реакции взаимодействия кислоты и молока жировые шарики освобождаются от белковой оболочки. Далее пробирка нагревается в воде с температурой 60–65 °С и устанавливается на центрифугу капилляром к оси вращения. Под действием центробежной силы жировые шарики, как более лёгкие, вытесняются в капилляр. Длина столба жира в капилляре указывает на жирность молока. Недостаток данного способа заключается в необходимости применения серной кислоты, способной вызвать ожоги при случайном попадании на открытые участки тела лаборанта, а также повреждение окружающих предметов и одежды. Кроме того, при измерении лаборанту приходится выполнять большое количество операций.

От этого недостатка свободны способ и устройство для измерения жирности молока по патенту № 2737257 [11]. Схематично это устройство изображено на рисунке 1.

На валу 1 центрифуги 2 жёстко закреплён ротор 3. По периферии ротора симметрично относительно его оси установлены с возможностью вращения шестерни 4, с неподвижно закреплёнными на них пробирками 5 жирометров. В данном конкретном исполнении устройства для простоты изложения установлены две шестерни и соответственно две пробирки в диаметрально противоположных направлениях. Каждая из пробирок разделена на две полости

6 и 7, соединённые между собой капилляром 8. На торцы пробирок навинчены пробки 9 и 10. Шестерни 4 зубчатым зацеплением связаны с имеющей тормоз 11 центральной шестернёй 12, насаженной с возможностью вращения на вал 1 центрифуги. Под каждым из жирометров установлены нагреватели 13 в виде электрических спиралей, например из нихрома. На каждой из шестерён 4 установлены эксцентрики 14.

Способ определения жирности молока реализуется на данном устройстве следующим образом.

При навинченной пробке 9 и снятой – 10 каждую из пробирок устанавливают в вертикальное положение и заполняют дозированным количеством молока, подлежащего исследованию на жирность, так, чтобы заполнены были только нижняя полость пробирки и капилляр. Пробирки пробками 10 закрывают и закрепляют на шестернях 4. Шестерню 12 затормаживают с помощью тормоза 11 и осуществляют запуск центрифуги.

При вращении вала и неподвижной относительно корпуса центрифуги шестерни 12 пробирки приобретут вращательное движение вокруг вала 2 и вращательное движение вокруг оси шестерён 4. При этом будет происходить периодическая переориентация полостей пробирок относительно вектора центробежной силы. В результате этого молоко, частично заполняющее полости пробирок, будет подвергаться постоянному взбалтыванию. Через некоторое время

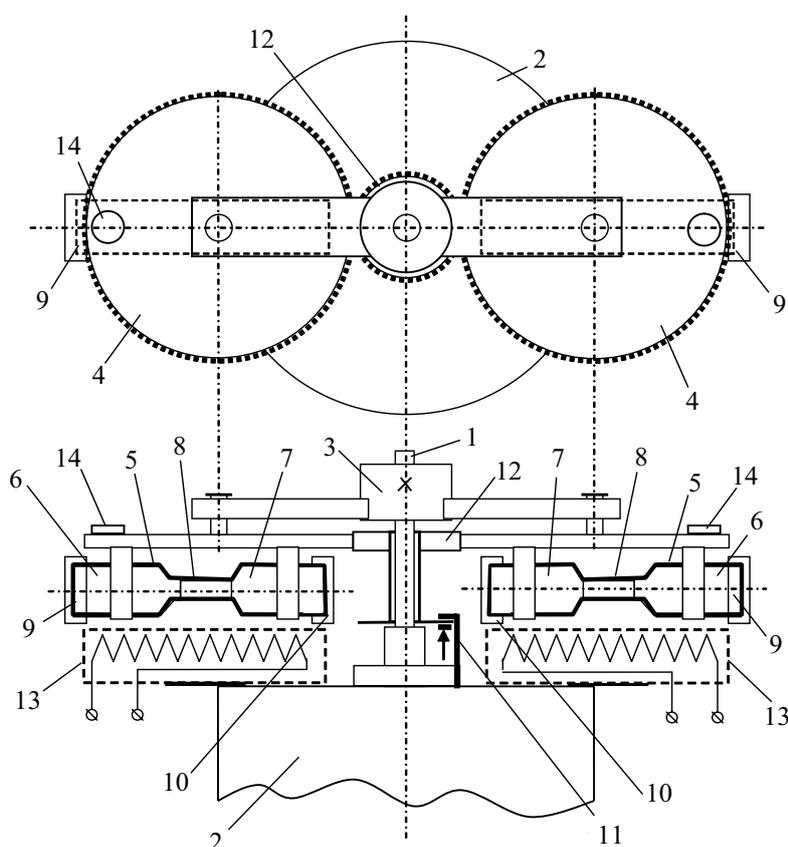


Рис. 1 – Принципиальная схема устройства для определения жирности молока

(обычно 5–6 мин.) все жировые шарики будут сбиты в комочки масла.

По истечении этого времени центрифугу отключают от сети, ротор устанавливают в таком положении, чтобы пробирки находились над нагревателями. Включают нагреватели на время, за которое температура поднимется до 60–65 °С и масло растопится. Время нагрева устанавливают опытным путём.

Следующим шагом отпускают тормоз, отключают нагреватели и снова включают центрифугу. При отпущенном тормозе 11 шестерни 4 и, следовательно, пробирки не будут вращаться относительно ротора, а при наличии эксцентриков 14 пробирки ориентируются вдоль вектора центробежной силы полостями 7 к осевой линии вала 2. Топлёное масло, как более лёгкое, вытеснится к центру вращения и частично заполнит капилляр. Через определённое время, установленное для данных размеров ротора и частоты его вращения опытным путём, центрифугу отключают и по высоте столба топлёного масла (жира) определяют жирность молока.

Пробки 9 отвинчиваются в данном случае при удалении жира из капилляров и промывании пробирок для последующего их использования.

Менее точно, но зато более оперативно, можно произвести измерение жирности, исключив промежуточное отключение центрифуги и нагрев пробирок. В этом случае жирность определяют по высоте столба масла в капиллярах.

Результаты исследования. Проведённый анализ достоинств и недостатков рассмотренных способов определения жирности молока и технических средств для их осуществления позволил сделать вывод, что все жиромеры косвенного действия не обладают достаточной точностью, так как связь между измеряемыми ими параметрами молока и его жирностью неоднозначна и зависит от многих трудно учитываемых факторов. Более точные результаты дают прямые методы определения жирности молока. Однако и они не лишены недостатков.

Недостатком кислотного метода является то, что при измерении жирности приходится иметь дело с серной кислотой, опасной при случайном попадании на окружающие предметы, одежду и открытые участки тела лаборанта. Другим недостатком метода, как и гравиметрического метода, является также и то, что при измерении лаборанту приходится выполнять большое количество операций.

Способ и устройство по патенту № 2737257 в значительной мере свободны от указанных недостатков. Проведены предварительные исследования с целью выявления рациональных режимных параметров способа и конструктивных параметров устройства для его осуществления. Было установлено, что в пробирках объёмом

15 см³, заполненных молоком наполовину, при частоте вращения 1000 об/мин сбивание масла в комочки происходит за 4–5 мин. Нагрев содержимого пробирки до 60 °С осуществляется с помощью электрического нагревателя за 7 мин., и в результате последующего центрифугирования на частоте 1000 об/мин в течение 5 мин. происходит заполнение капилляра растопленным топлёным маслом.

Выводы. Проведённое исследование и опытно-конструкторские работы подтвердили работоспособность устройства и эффективность предложенного способа определения жирности молока, исключаящего при измерении применение серной кислоты и спирта. В перспективе следует произвести детальное исследование конструктивных параметров устройства и режимов измерения с целью их оптимизации по критериям технологичности изготовления при серийном производстве, точности получаемых результатов и времени процесса измерений.

Литература

1. Жирность молока у коровы [Электронный ресурс]. URL: <http://fermerstyle.ru/zhimost-moloka-u-korovy/> (дата обращения 16.11.2020).
2. Жирность коровьего молока – один из важнейших показателей продуктивности [Электронный ресурс]. URL: <https://yarus-spb.ru/skot/korovy/jirnost-moloka.html> yarus-spb.ru (дата обращения 16.12.2020).
3. Про жирность молока у коров [Электронный ресурс]. URL: <https://znaifermu.ru/korovy-krs/moloko/zhimost.html> (дата обращения 17.12.2020).
4. Методы определения содержания жира в молоке [Электронный ресурс]. URL: https://vuzlit.ru/1715858/metody_opredeleniya_soderzhaniya_zhira_moloke (дата обращения 17.12.2020).
5. ГОСТ 5867–92 Молоко и молочные продукты. Методы определения жира, М., 1991, найдено 22.10.2019 в интернете [online] [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200023958>
6. Авт. свид. №552555. Способ определения жирности молока / Бородин И.Ф., Преображенский Н.И., Беляев Н.В. Заявит. Московский институт инженеров сельскохозяйственного производства им. В.П. Горячкина; опубл. 30.03.1977. Бюл. № 12.
7. Волик А., Марков А. Жиромер для определения жирности молока // Радио. 1982. № 12. С. 17.
8. ГОСТ 22760–77 Молочные продукты. Гравиметрический метод определения жира. М. Стандартиформ 2009 [Электронный ресурс]. URL: <https://standartgost.ru/> (дата обращения 10.12.2020).
9. Методика определения жирности молока [Электронный ресурс]. URL: <https://mybiblioteka.su/tom2/2-77525.html> (дата обращения 17.12.2020).
10. Определение содержания жира в молоке [Электронный ресурс]. URL: <https://pdnr.ru/a4783.html> (дата обращения 16.12.2020).
11. Патент № 2737257. RU. Способ определения жирности молока и устройство для его осуществления / Петько В.Г., Христиановская М.А. Патентооблад. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный аграрный университет» (RU) Опубл. 26.11.2020.

Виктор Гаврилович Петько, доктор технических наук, профессор. ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный аграрный университет». Россия, 460014, г. Оренбург, ул. Челюскинцев, 18, VGPetko@mail.ru

Андрей Петрович Козловцев, доктор технических наук, профессор. ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный аграрный университет». Россия, 460014, г. Оренбург, ул. Челюскинцев, 18, ap_kozlovcev@mail.ru

Максим Борисович Фомин, кандидат технических наук, доцент. ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный аграрный университет». Россия, 460014, г. Оренбург, ул. Челюскинцев, 18, mbfom@mail.ru

Валерий Валерьевич Кононец, аспирант. ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный аграрный университет». Россия, 460014, г. Оренбург, ул. Челюскинцев, 18, kaf@orensau.ru

Маргарита Алексеевна Христиановская, соискатель. ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины». Россия, 196084, Санкт-Петербург, ул. Черниговская, 5, ritakhristianovskaya98@gmail.com

Victor G. Petko, Doctor of Technical Sciences, Professor. Orenburg State Agrarian University. 18, Chelyuskintsev St., Orenburg, 460014, Russia, VGPetko@mail.ru

Andrey P. Kozlovcev, Doctor of Technical Sciences, Professor. Orenburg State Agrarian University. 18, Chelyuskintsev St., Orenburg, 460014, Russia, ap_kozlovcev@mail.ru

Maxim B. Fomin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor. Orenburg State Agrarian University. 18, Chelyuskintsev St., Orenburg, 460014, Russia, mbfom@mail.ru

Valery V. Kononets, postgraduate. Orenburg State Agrarian University. 18, Chelyuskintsev St., Orenburg, 460014, Russia, kaf@orensau.ru

Margarita A. Khristianovskaya, research worker, Saint-Petersburg State University of Veterinary Medicine. 5, Chernigovskaya St., Saint-Petersburg, 196084, Russia, ritakhristianovskaya98@gmail.com