УДК 658.562:63-021.66
DOI: 10.35887/2305-2538-2019-5-84-98

ИНФРАКРАСНЫЕ АНАЛИЗАТОРЫ ДЛЯ МНОГОКОМПОНЕНТНОГО АНАЛИЗА КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ ЖИВОТНОВОДСТВА

[1]Буклагин Дмитрий Саввич.
[1]ФГБНУ «Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению АПК»

Реферат. *Повышение конкурентоспособности продукции животного происхождения предъявляют высокие требования к ее качеству и безопасности, поэтому выявление, анализ и освоение производством высокопроизводительных, обладающих необходимой точностью приборов для контроля качества молочной продукции является актуальной задачей. Проведен анализ инфракрасных методов измерения показателей, характеризующих качество молока и молочной продукции. Использовался метод информационно-логического анализа отечественной и зарубежной научно-технической информации, а также материалы изучения рынка приборной базы, созданной на основе метода инфракрасной спектрометрии. Показали, что одним из эффективных методов и приборной базы для проведения аналитической работы и определения показателей, характеризующих качество молочной продукции являются инфракрасные анализаторы, позволяющие одновременно определять до 12 показателей и производительностью анализа до 600 проб в час. Выявили, что по сравнению с другими методами инфракрасные анализаторы молока и молочной продукции лишены следующих недостатков: длительность определения показателей, использование дорогостоящих реактивов, повышенная опасность для обслуживающего персонала. Без применения химических реактивов инфракрасные анализаторы молока могут измерять одновременно содержание массовой доли жира, сухого обезжиренного молочного остатка (СОМО), плотность, белок, количество добавленной воды, температуру пробы и другие показатели. Результаты анализа могут быть получены в течение 6 с, применение метода позволяет уменьшить погрешность измерения показателей качества продукции животноводства.*

Ключевые слова: *метод инфракрасной спектрометрии, измерение, анализатор, молоко, молочная продукция, мясная продукция, погрешность, показатель, качество.*

INFRARED ANALYZERS FOR MULTICOMPONENT ANALYSIS OF ANIMAL PRODUCTS QUALITY

[1]Buklagin Dmitry
[1]FSBSI "Russian research Institute of information and technical and economic research on engineering and technical support of agro-industrial complex"

Abstract. *Improving the competitiveness of products of animal origin make high demands on its quality and safety, therefore, the identification, analysis and development of high-performance, with the necessary accuracy instruments for controlling the quality of dairy products is an urgent task. An analysis of infrared methods for measuring indicators characterizing the quality of milk and dairy products was carried out. The method of information and logical analysis of domestic and foreign scientific and technical information, as well as materials for studying the market for the instrument base created on the basis of the infrared spectrometry method, were used. It was shown that one of the effective methods and instrumentation for conducting analytical work and determining indicators characterizing the quality of dairy products is infrared analyzers, which can simultaneously determine up to 12 indicators and analysis performance of up to 600 samples per hour. It was found that infrared analyzers of milk and dairy products are devoid of the following disadvantages: the duration of the determination of indicators, the use of expensive reagents, increased danger for maintenance personnel, in comparison with other methods. Infrared milk analyzers can simultaneously measure the content of the*

mass fraction of fat, dry skim milk residue (SOMO), density, protein, the amount of added water, sample temperature and other indicators without the use of chemicals. The results of the analysis can be obtained within 6 s, the application of the method allows to reduce the error in measuring the quality indicators of livestock products.

Keywords: *infrared spectrometry method, measurement, analyzer, milk, dairy products, meat products, error, indicator, quality.*

Введение. В основе метода инфракрасной спектроскопии лежит инфракрасное излучение, которое называют также «тепловым» излучением. 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 изучает спектры поглощения и отражения электромагнитного излучения в инфракрасной области, т.е. в диапазоне длин волн от 10^{-6} до 10^{-3}м. Спектральные характеристики отличаются большой индивидуальностью, что и определяет их ценность при идентификации или изучении анализируемого вещества.

Количественная связь между интенсивностью прошедшего через вещество излучения, интенсивностью падающего излучения и показателями, характеризующими поглощающее вещество, основана на законе Бугера-Ламберта-Бера, т. е. на зависимости интенсивности полос поглощения от концентрации вещества в анализируемой 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 удается математически выделить их спектры даже при значительном перекрывании последних. Погрешность количественного анализа составляет доли процента [1].

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 измерения содержания одновременно многих компонентов, содержащихся в образце. Следует отметить, что методы спектрального анализа основаны на единой природе электромагнитного излучения, поэтому все виды спектроскопии принципиально не отличаются. Конструкция спектрометров зависит, в основном, от области спектра, в котором работает прибор, и от сложности подготовки образцов для анализа.

Для определения количественного содержания компонента в образце необходимо построить градуировочную (калибровочную) модель, то есть определить зависимость между интенсивностью поглощения и концентрацией компонента. Эта модель строится на основе измерения спектров образцов с известной концентрацией и их математической обработке [1].

Цель исследований – дать анализ инфракрасных методов и приборов для измерения показателей, характеризующих качество молока и молочной продукции.

Материалы и методы. Использовался метод информационно-логического анализа отечественной и зарубежной научно-технической информации, а также материалы изучения рынка приборной базы, созданной на основе метода инфракрасной спектрометрии.

Результаты и их обсуждение. Обширную программу измерительных систем для контроля качественных показателей молока и молочной продукции на основе инфракрасной спектрометрии выпускает датская компания Фосс (таблицы 1, 2) [2 – 11].

Таблица 1 – Приборы для контроля качественных показателей молока и молочной продукции компании Фосс

Общий вид прибора	Анализируемые продукты	Определяемые параметры	Принцип действия, краткая характеристика
Анализатор сыра DairyScan	Сыры различных рецептур (кроме сыра с плесенью)	Содержание жира и влаги	NIR – Ближний ИК-диапазон, время измерения 45 с
Анализатор MilkoScan FT1 Advanced	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, титрируемая кислотность, плотность, казеин, мочевина, сахароза, глюкоза, фруктоза, углеводы, обнаружение целевой и нецелевой фальсификации	FTIR – Инфракрасная Фурье-спектроскопия Производительность 120 измерений в час
Анализатор MilkoScan FT2	Молоко, сливки, сыворотка, концентрированная сыворотка, мороженое, десерты, ферментированные продукты и концентрированное молоко	Жир, белок, лактоза/пониженное содержание лактозы, полное содержание сухого вещества, сухой обезжиренный остаток, общая кислотность, плотность, свободные жирные кислоты, казеин, мочевина, сахароза, глюкоза и фруктоза и др.	FTIR – Инфракрасная Фурье-спектроскопия. Измерение параметры в сложных молочных продуктах. Время измерения-30 с. Габаритные размеры мм,- 880х540х473 Масса, кг- 99
Высокоэкономичный тестер молока MilkoScan Mars	Сырое и переработанное молоко, сливки и сыворотка	Жир, белок, лактоза, полное содержание сухого вещества, сухой обезжиренный остаток, точка замерзания (только молоко) Обнаружение намеренно и случайно добавленных примесей	FTIR – Инфракрасная Фурье-спектроскопия Заводские калибровки на 2, 4 и 6 параметров, время измерения 6-и параметров- одна минута. Потребление энергии-60 Вт, Габариты, мм- 345 х 280 х 285 Вес-10.5 кг

Таблица 1 – Приборы для контроля качественных показателей молока и молочной продукции компании Фосс (продолжение)

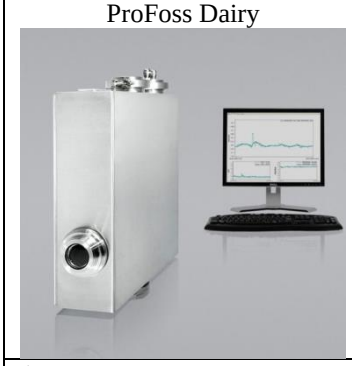
Общий вид прибора	Анализируемые продукты	Определяемые параметры	Принцип действия, краткая характеристика
Встраиваемый FTIR-анализатор MilkoStream FT	Сыр и порошковое молоко	Жир, белок, лактоза, общее содержание сухих веществ и сухой обезжиренный остаток Диапазон калибровки: 0-6% жира, 3-13% белка, 3-6% лактозы, 9-20% полного содержания сухого вещества, 9-18% сухого обезжиренного остатка	FTIR – Инфракрасная Фурье-спектроскопия (непрерывное измерение через 7 с) Габариты,мм: 255 х 485 х 353 Масса: корпус-24,3 кг, зонд-12,5 кг
Встраиваемый анализатор ProFoss Dairy 	Масло, свежий сыр, моцарелла, концентрат сывороточного белка/молочного белка, сухое молоко и сливки	Жир, белок, влажность, полное содержание сухого вещества, сухой обезжиренный остаток и отношение белок/полное содержание сухого вещества	NIR – Ближний ИК-диапазон (среднее время измерения:15-30 с) Габариты, см-42 × 42 × 13,5 Масса- 25 кг
Анализатор сухих молочных продуктов NIRS DS2500	Сухое молоко и смесь для мороженого	Жир, белок, влажность, зольность, лактоза, кислотность и другие с использованием существующих калибровок	NIR – Ближний ИК-диапазон Время измерения-1 минута. Габариты, мм: 375 х 490 х 300 Масса-27 кг
Анализатор молочных продуктов FoodScan™	Сыр, сухая сыворотка, масло и йогурт, спреды и другие молочные продукты	Жир, белок, влажность, соль, сухой обезжиренный остаток и pH. Возможно расширение и дополнение стандартных калибровок под индивидуальные задачи	NIR – Ближний ИК-диапазон Энергопотребление-175 Вт. Габариты, мм -420X620X450. Вес производственного FoodScan™-56 кг, лабораторного-40 кг, время измерения-50 с

Таблица 2 – Измеряемые компоненты анализатором MilkoScan FT2 [12]

Продукция	Определяемые параметры
Молоко	Жир, белок, лактоза, общее количество сухих веществ, СОМО, лимонная кислота, измерение точки замерзания, мочевина, 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 ферментированных 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 могут быть проанализированы неограниченное количество компонентов. Метрологические характеристики анализатора MilkoScan™ FT2 представлены в таблицах 3, 4.

Таблица 3 – Метрологические характеристики анализатора MilkoScan FT2 (при анализе молока)

Определяемый компонент	Единица величины	Диапазон измерений	Пределы допускаемой абсолютной погрешности, %
Жир	массовая доля, %	от 0 до 6	±0,06
Белок	массовая доля, %	от 0 до 6	±0,14
Лактоза	массовая доля, %	от 0 до 6	±0,5
Общее содержание сухого вещества	массовая доля, %	от 0 до 15	±0,4
Свободные жирные кислоты	молярная концентрация, ммоль/10 в 1 л	от 0 до 5,0	± 0,4
Мочевина	массовая доля, %	от 0,01 до 0,08	± 0,05
Кислотность (титруемая)	градус Тернера	от 13 до 22	± 0,5
Точка замерзания	градус Цельсия, °С	от 0,45 до 0,55	± 0,02
Лимонная кислота	массовая доля, %	от 0,1 до 0,3	± 0,05
Плотность	кг/м3	от 1025 до 1037	± 0,4

Таблица 4 – Метрологические характеристики при анализе молочных продуктов

Определяемый компонент	Диапазон измерений массовой доли компонента, %	Пределы допускаемой абсолютной погрешности, %
Жир	от 0 до 60	±0,5
Белок	от 0 до 15	±0,3
Лактоза	от 0 до 25	±0,5
Общее содержание сухого вещества	от 0 до 70	±0,5
Общее содержание глюкозы и фруктозы	от 0 до 12	± 0,2
Сахароза	от 0 до 17	± 1,0
Молочная кислота	от 0,3 до 1,3	± 0,05

Для мелких производителей молочной продукции компанией Фосс разработан анализатор MilkoScan Minor (рисунок 1), 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 постоянную готовность к работе.

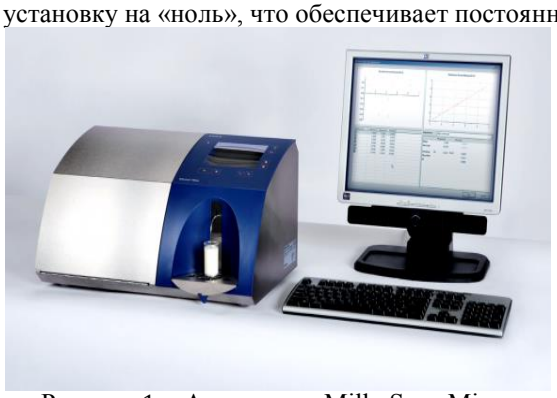


Рисунок 1 – Анализатор MilkoScan Minor

Прибор анализирует холодные образцы, производительность - 40 анализов в час. Это дает возможность быстро откорректировать производственный процесс или получить точные данные для определения стоимости молока.

Данные выводятся на дисплей, на принтер, в сеть или присоединенный персональный компьютер, где результаты могут быть сохранены в базе данных. Прибор сертифицирован в России, методики проведения анализов аттестованы.

Анализатор MilkoScan Minor выпускается в двух модификациях:

MilkoScan Minor 6 – определяет жир, белок, лактозу, сухие вещества, СОМО и изменение точки замерзания в молоке и сливках.

MilkoScan Minor 3 – определяет любые 3 параметра из перечня: жир, белок, лактоза, сухие вещества, СОМО и изменение точки замерзания в молоке и сливках. Диапазон измерений измеряемых показателей приведен в таблице 5.

Таблица 5 – Диапазон измерений показателей анализатором MilkoScan Minor

Показатель	Диапазон измерений
Жир, %	от 0 до 40
Белок, %	от 0 до 8
Лактоза, %	от 0 до 7
СОМО, 15%	от 0 до 15
Сухие вещества, %	от 0 до 50
Изменение точки замерзания, °С	от –0,450 до–0,550
Температура образца, °С	от 4 до 40
Объем образца, мл	> 8
Энергопотребление	100-240 В, 50-60 Гц
Размеры, мм	500х360х285
Вес, 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 производительностью составляет 200, 300, 400, 500 анализов в час [13].

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 (рисунок 2). С помощью прибора проводят анализ сырого молока, сыворотки, йогуртов (в том числе с наполнителями), сыров твердых и плавленных, сухого молока, сметаны, творога и других продуктов, определяют белок, жир, СОМО, лактозу, казеин и другие показатели (всего 12 показателей). Полный комплект стартовых калибровок может быть использован для анализа любого типа молока: сырого, обезжиренного, нормализованного, ультрапастеризованного и т.д. [14].

Рисунок 2 – Инфракрасный анализатор молока и молочных продуктов MPA Bruker

В соответствии с методикой, утвержденной ВНИМИ, при выполнении измерений массовых долей жира, белка, СОМО, лактозы в молоке и молочных продуктах на анализаторах MPA Bruker получены следующие технические и метрологические показатели (таблица 6).

Таблица 6 – Технические и метрологические показатели анализатора MPA Bruker

Показатели	Продукты				
	Молоко сырое и молоко 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		

Прецизионный ИК-анализатор «LACTOLUSER MIRA» для молочной продукции широкой номенклатуры (молоко полуобезжиренное, сыворотка, сметана, растворенное сухое молоко, сыр в жидкой фазе и др.) выпускает голландская фирма «LACTOTRONIC». Основные технические параметры представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Основные технические параметры ИК-анализатор «LACTOLUSER MIRA»

Показатель	Диапазон измерения,%	Погрешность, %
Жир	0-20/ 0-55	0,05
Белок	0-10	0,05
Лактоза	0-15	0,05
СМО	0-60	0,1
Точка замерзания	-0,470–0,590	±0,004 ℃

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

Новинкой в линейке NIR- анализаторов компании Bruker Optics (Германия) является спектрометр Tango. В приборе реализованы все функциональные преимущества спектрометров предыдущих моделей MPA и Matrix-1. Анализатор может быть выполнен с модулем диффузного отражения Tango-R или с модулем кюветного отделения Tango-T.

Анализатор молочных продуктов TANGO-R Bruker позволяет проводить анализа йогуртов (в том числе с наполнителями), сыров твердых и плавленых, сухого молока, сметаны, творога и прочих продуктов и определять следующие показатели: белок, жирность, СОМО, лактоза, содержание влаги, содержание солей, кислотность, температура замерзания, казеин, мочевина, трансизомеры, насыщенные и ненасыщенные жирные кислоты [15].

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.

Анализ молока производится по следующим показателям: жир, белок, казеин, лактоза, сухие вещества, СОМО, мочевина, понижение точки замерзания (на добавленную воду), свободные жирные кислоты, лимонная кислота, pH, эффективность гомогенизации, моно- и полиненасыщенные жирные кислоты, общие насыщенные и ненасыщенные жирные кислоты, общая бактериальная обсемененность и содержание соматических клеток.

Российское предприятие Сибагроприбор выпускает инфракрасный анализатор качества молока «Лактан 1-4М» исп. 700S (рисунок 3) [16]**.** Это новейшая разработка в области контроля качества молока, основанная на инфракрасном методе анализа, обеспечивающим получение наиболее точных и объективных результатов за минимальное время.

Рисунок 3 **–** Инфракрасный анализатор качества молока «Лактан 1-4М» исп. 700S

Прибор позволяет измерить без использования химических реактивов содержание массовой доли жира, белка, СОМО, плотности, добавленной воды и точку замерзания в пробе молока всего за 15 секунд. Ближняя инфракрасная область (БИК) граничит с видимым светом (таблица 8). Эта часть спектра безопасна как для оператора, так и для анализируемого объекта, что позволяет исследовать объект без его разрушения. В тоже время в практическом отношении БИК анализ имеет ряд преимуществ перед химическими методами анализа.

Таблица 8 – Техническая характеристика анализатора качества молока «Лактан 1-4М» исп. 700S

Спектральный диапазон	1200-2400 нм
Время измерения	15 с
Производительность	200 проб в час
Объем пробы	25 см3
Время прогрева	30 мин
Индикация результата с дискретностью отсчета	0,01%
Питание	220 В (±10 В)/50 Гц
Габаритные размеры	300х280х400 мм
Масса	8 кг
Подключение к компьютеру	USB

По сравнению с ультразвуковыми анализаторами: комплекс «Лактан 1-4М» исп. 700S имеет меньшую погрешность результатов измерения; 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 можно 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 (таблица 9) компанией Perten Instruments (Швеция) выпускается универсальный инфракрасный анализатор DA 7250 [17, 18].

Он 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 просто помещают в пластиковую чашку, которая удаляется после анализа, что делает DA 7250 чрезвычайно простом в использовании. 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 в час по таким показателям, как жир, белок, лактоза, сухое вещество, мочевина, соматические клетки, бактерии и др. в сыром молоке.

Таблица 9 – Калибровки для анализа молочной продукции анализатора DA 7250

Продукт	Показатель	Диапазон (%)
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	Влажность	10.3-30.3
(Итальянские твердые сыры, Пармезан, Романо)	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
Сливки	Жир (г/кг)	55-510
Сухая молочная смесь	Влажность	1.3-5.3
(Сухое обезжиренное молоко,	Протеин	3.8-38.7
Концентрат сывороточного белка, Жир		0 - 37.6
Сухое молоко и т.д.)	Зольность	4.8-10.2
	Лактоза	36.8 - 79
	Щелочность	1-320
Молоко гомогенезированное	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
	Пальмитиновая кислота	0.04-2.4
	Стеариновая кислота	0.08-1.1
	Олеиновая кислота	0.18-2.7
	Моно ненасыщенные жирные кислоты	0.17-2.8
	Поли ненасыщенные 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	7.5-10.0
Концетрат 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

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 комбирированные аналитические системы Bentley DairySpec FT Combi и Bentley FTS Combi (рисунок 4).

а) б)

Рисунок 4 – 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 также 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) [19, 20]. Анализируемые компоненты молока и производительность систем, представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Характеристика аналитических систем молока компании Bentley

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

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.

Для поддержания стабильного качества молочной продукции требуется 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» компании «Люмекс» время анализа можно сократить до полутора минут.

Измеряемые показатели качества молочной продукции для экспресс-контроля технологических процессов на производстве с помощью БИК-анализаторов «ИнфраЛЮМ®ФТ-10/12» представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Измеряемые показатели и продукция для контроля технологий производства с использованием анализаторов «ИнфраЛЮМ®ФТ-10/12»

Продукт	Показатель	Диапазон измерений, %	Продукт	Показатель	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
				кислотность	150 - 346
	лактоза	4-5			
			Творожные замесы	белок	7-22
Молоко сухое обезжиренное	сыворотка	0,5-100		влажность	21 -48
				жир	10-28
Молоко сухое цельное	белок	2,6 - 3,7		кислотность	98-158
	жир	10-30		сахар	7-34
	влажность	2-7	Масло сливочное	жир	40-85
Йогурт	белок	2,5-4		влажность	13-60
				СОМО	0,15-10
	жир	0,8-9			
			Сыр	жир	13-35
	сахар	5-12		влажность	34-55
	сухое вещество	17-25		соль	1 -4

Кроме БИК-анализаторов для контроля питательной ценности и безопасности молока и молочной продукции компания «Люмекс» 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 (приложение) [21-23].

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 прошедшего света через всю пробирку с образцом как функцию времени.

Поскольку молоко-это многокомпонентная полидисперсная система, в которой все составные вещества находятся в тонкодисперсном состоянии, то любые вмешательства в эту систему приводят к нарушению ее стабильности. Это и 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 [24].

Выводы. Анализ методов и средств измерения показателей качества и безопасности продукции животного происхождения 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 сельскохозяйственной продукции в течение минуты без сложной пробоподготовки, что особенно важно при контроле качества в условиях производства.

Для многокомпонентного анализа качества молока и молочной продукции широкое распространение получили различные разновидности инфракрасных отечественных и зарубежных анализаторов. К наиболее известным моделям в настоящее время ИК-анализаторы- Милкоскан (Дания), MPA Bruker (Германия), «Milky Lab» и «Speedy Lab» (Италия) «Лактан 1-4М» исп. 700S (Россия) и др. Основное отличие 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.

Учитывая, что технологическое развитие АПК, в том числе использование средств измерения и лабораторного оборудования для оценки и анализа качества продукции животного происхождения в значительной степени опираются на зарубежные достижения, необходимо разработать программу импортозамещения наукоемких приборов и систем для оценки показателей качества и безопасности сельскохозяйственной продукции на основе высокотехнологических производств.

Список литературы

1. Федоренко В.Ф., Буклагин Д.С. Методы и инструменты контроля качества сельскохозяйственной продукции: науч. изд.-М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. 292 с.

2. 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).

3. Анализатор молочных продуктов FOSS MilkoScan™ Mars [Электронный ресурс]. URL: http://ekomilk.ru/product/view/248 (дата обращения 19.03.2018).

4. 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).

5. 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).

6. Анализатор твердых и вязких молочных продуктов FoodScan [Электронный ресурс]. URL: http://foss.su/foodscan-for-dairy-products (дата обращения 19.03.2018).

7. MilkoStream™ FT [Электронный ресурс]. URL: https://foss-ua.com/product/milkostream-ft (дата обращения 19.03.2018).

8. ProFoss™ Dairy [Электронный ресурс]. URL: https://www.fossanalytics.com/ru-ru/products/profoss-dairy (дата обращения 19.03.2018).

9. Анализатор сухого молока NIRS™ DS2500 [Электронный ресурс]. URL: https://www.fossanalytics.com/ru-ru/products/nirs-ds2500-dairy-powder-analyser#Slider_ProductMultiImageSpot (дата обращения 19.03.2018).

10. MilkoScan Minor для молочной продукции [Электронный ресурс]. URL: http://foss.su/milkoscan-minor-milk (дата обращения 19.03.2018).

11. Анализатор MilkoScan™ Mars : проспект ДИА М, б/г, 5 с.

12. MilkoScan FT2 – инфракрасный анализатор качества молока и молочных продуктов [Электронный ресурс]. URL: http://foss.su/milkoscan-ft2-milk (дата обращения 15.03.2018).

13. КомбиФосс ФТ+ [Электронный ресурс]. URL: http://www.biokonbrio.ru/katalog/moloko/combifoss-ft/ (дата обращения 20.03.2018).

14. Анализатор инфракрасный молока и молочных продуктов MPA Bruke [Электронный ресурс]. URL: https://kolba24.ru/product/analizator-moloka-mpa-bruker/ (дата обращения 05.06.2018).

15. Анализатор инфракрасный для молочных продуктов TANGO-R Bruker [Электронный ресурс]. URL: https://kolba24.ru/product/analizator-tango-r/ (дата обращения 05.06.2018).

16. 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).

17. Универсальный многофункциональный ИК анализатор DA 7250 [Электронный ресурс]. URL: https://soctrade.prom.ua/p246920013-universalnyj-mnogofunktsionalnyj-analizator.html (дата обращения 20.03.2018).

18. Анализатор в ближнем инфракрасном диапазоне DA 7250 [Электронный ресурс]. URL: https://www.perten.com/ru/3/-----DA-7250/ (дата обращения 20.03.2018).

19. Комбинированная система DairySpec FT Combi [Электронный ресурс]. URL: http://www.bentleyplemtech.ru/index.php?id=201&module=pages (дата обращения 20.03.2018).

20. Комбинированная система FTS Combi [Электронный ресурс]. URL: http://www.bentleyplemtech.ru/index.php?module=pages&id=107 (дата обращения 20.03.2018).

21. Приборно-методические решения для молочной промышленности: проспект ГК аналитического приборостроения «Люмекс», б/г, 4 с.

22. Приборы и лабораторное оборудование для агропромышленного комплекса: проспект ГК аналитического приборостроения «Люмекс», б/г, 4 с.

23. Приборы и оборудование для предприятий масложировой промышленности: проспект ГК аналитического приборостроения «Люмекс», б/г, 4 с.

24. 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.

References

1. V.F. Fedorenko, D.S. Buklagin Methods and instruments of quality control of agricultural products: scientific. ed.-Moscow: ROSINFORMAGROTECH, 2017.-292 C.

2. FOSS milk and dairy analyzers [Electronic resource]. URL: https://www.dia-m.ru/lab/analizatory-moloka-i-molochnyh-produktov/vendor-foss-tecator/ (accessed 19.03.2018).

3. FOSS MilkoScan™ Mars dairy analyzer [Electronic resource]. URL: http://ekomilk.ru/product/view/248 (accessed 19.03.2018).

4. MilkoScan FT1 Advanced liquid dairy analyzer [Electronic resource]. URL: https://www.dia-m.ru/lab/analizatory-moloka-i-molochnyh-produktov/foss-tecator-milkoscan-analizator-zhidkih-molochnyh-produktov-milkoscan-ft1-advanced/ (accessed 19.03.2018).

5. Milk analyzer MilkoScan Minor [Electronic resource]. URL: https://www.dia-m.ru/lab/analizatory-moloka-i-molochnyh-produktov/foss-tecator-milkoscan_minor-analizator-moloka-milkoscan-minor/ (accessed 19.03.2018).

6. Analyzer of solid and viscous dairy products FoodScan [Electronic resource]. URL: http://foss.su/foodscan-for-dairy-products (accessed 19.03.2018).

7. MilkoStream™ FT [Electronic resource]. URL: https://foss-ua.com/product/milkostream-ft (accessed 19.03.2018).

8. ProFoss™ Dairy [Electronic resource]. URL: https://www.fossanalytics.com/ru-ru/products/profoss-dairy (accessed 19.03.2018).

9. Milk powder analyzer NIRS™ DS2500 [Electronic resource]. URL: https://www.fossanalytics.com/ru-ru/products/nirs-ds2500-dairy-powder-analyser#Slider_ProductMultiImageSpot (accessed 19.03.2018).

10. MilkoScan Minor for dairy products [Electronic resource]. URL: http://foss.su/milkoscan-minor-milk (accessed 19.03.2018).

11. MilkoScan™ Mars analyzer : prospect DIA M, b/g, 5 s.

12. MilkoScan FT2 – infrared analyzer of milk and dairy products quality [Electronic resource]. URL: http://foss.su/milkoscan-ft2-milk (accessed 15.03.2018).

13. Combifoss FT+ [Electronic resource]. URL: http://www.biokonbrio.ru/katalog/moloko/combifoss-ft/ (accessed 20.03.2018).

14. Infrared analyzer of milk and dairy products MPA Bruke [Electronic resource]. URL: https://kolba24.ru/product/analizator-moloka-mpa-bruker/ (accessed 05.06.2018).

15. Infrared analyzer for milk products TANGO-R Bruker [Electronic resource]. URL: https://kolba24.ru/product/analizator-tango-r/ (accessed 05.06.2018).

16. High-speed infrared milk quality analyzer "lactane 1-4M" ISP. 700S (complete with conveyor and laptop) [Electronic resource]. URL: http://sibagropribor.ru/catalog/milk_analyzer/laktan-700s/#tab2 (accessed 19.03.2018).

17. Universal multifunctional IR analyzer DA 7250 [Electronic resource]. URL: https://soctrade.prom.ua/p246920013-universalnyj-mnogofunktsionalnyj-analizator.html (accessed 20.03.2018).

18. Near infrared analyzer DA 7250 [Electronic resource]. URL: https://www.perten.com/ru/3/-----DA-7250/ (accessed 20.03.2018).
19. Combined system DairySpec FT Combi [Electronic resource]. URL: http://www.bentleyplemtech.ru/index.php?id=201&module=pages (accessed 20.03.2018).
20. Combined system FTS Combi [Electronic resource]. URL: http://www.bentleyplemtech.ru/index.php?module=pages&id=107 (accessed 20.03.2018).
21. Instrumentation and methodological solutions for the dairy industry: prospect GC analytical instrumentation "Lumex", b/g, 4 p.
22. Instruments and laboratory equipment for the agroindustrial complex: the prospect of GK analytical instrumentation "Lyumeks", b/g, 4 s
23. Devices and equipment for the enterprises of oil and fat industry: Avenue GC analytical instrumentation "Lumex", b/g, 4 p.
24. Kuzmichev, A.M., Kalmykova, E.A., Kudinova N.In. Noskova N.Yu. A new rapid method for evaluation of milk quality using dispersion analyzer LUMiFuge // Dairy industry, 2018, No. 4.-Pp. 27-29.

Сведения об авторах
Принадлежность к организации

Буклагин Дмитрий Саввич – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению АПК», Россия, г.п. Правдинский Московской обл, e-mail: buklagin@rosinformagrotech.ru.

Author credentials
Affiliations

Buklagin Dmitry Savvich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher of the Federal State Budgetary Scientific Institution “Russian Research Institute of Information and Technical and Economic Research on Engineering and Technical Support of the Agro-Industrial Complex”, Russia, Pravdinsky, Moscow Region, e-mail: buklagin@rosinformagrotech.ru.

Поступила в редакцию (Received): 19.09.2019 Принята к публикации (Accepted): 21.10.2019

УДК 621-436
DOI: 10.35887/2305-2538-2019-5-98-109

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЯ Д-240 С ДОБАВЛЕНИЕМ ВОДО-МЕТАНОЛОВОЙ СМЕСИ В СИСТЕМУ ПОДАЧИ ВОЗДУХОМ

[1]Сторожев Иван Иванович
[1]Трошков Илья Александрович
[1]ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья»

Реферат. *Для улучшения топливной экономичности двигателей машинно-тракторных агрегатов одним из перспективных способов считается внедрение альтернативных топлив, содержащих водо-метаноловую смесь (ВМС). Анализ литературных данных подтвердил гипотезу, о целесообразности использование спиртосодержащей смеси не в виде топливо-водяной эмульсии, а в чистом виде с дальнейшим парообразованием внутри цилиндра двигателя. Представлен патентный обзор подачи водо-метанола в дизельные двигатели. Установлено, что в присутствии водо-метанола происходит понижение эмиссии отработанных вредных веществ. Рассмотрен процесс разложения метанола при подаче его в систему питания дизельного двигателя. Подробно описано образование метаноловоздушной смеси (МВС), составлены химические реакции при разных температурных режимах. Представлены результаты теоретических расчетов по изменению объемного содержания оксидов азота в продуктах сгорания МВС и их влияния на экономические и механические показатели дизеля 2Ч 10,5/12,0. Разработана схема подачи ВМС в систему питания воздухом двигателя Д-240. На основе работы*