

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

© А. С. Сергеева¹, Н. Л. Вострикова², М. Ю. Медведевских¹

¹ Уральский научно-исследовательский институт метрологии – филиал ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д. И. Менделеева»

(УНИИМ – филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»), г. Екатеринбург, Россия

Researcher ID: AAE-7942-2021, ORCID: 0000-0001-8347-2633

e-mail: sergeevaas@uniim.ru

² ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова» Российской академии наук

(ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН), г. Москва, Россия

Поступила в редакцию – 25 февраля 2021 г., после доработки – 12 марта 2021 г.

Принята к публикации – 20 марта 2021 г.

Статья посвящена рассмотрению вклада специалистов лаборатории метрологии влагометрии и стандартных образцов в совершенствование системы метрологического обеспечения пищевой промышленности. В статье обобщены результаты разработки более 40 типов стандартных образцов (СО) состава пищевых продуктов, продовольственного сырья и пищевых добавок в период с 2008 по 2020 г. Разработка каждого нового типа СО включала подготовку материала СО, исследование его стабильности и однородности, установление аттестованного значения с применением Государственных первичного (ГЭТ 173) и вторичного (ГВЭТ 176–1) эталонов, первичных референтных методик измерений (ПРМИ), проведение межлабораторного эксперимента для проверки применимости СО. Создание ГЭТ 173 в 2008 г. сопровождалось разработкой СО состава зерна и сухих молочных продуктов. Утверждение ГВЭТ 176–1 в 2010 г. позволило добавить в СО аттестованное значение массовой доли азота (белка). По результатам успешного участия в сличениях УНИИМ получил 6 строчек калибровочных и измерительных возможностей в базе данных Международного бюро мер и весов по измерению массовой доли азота в глицине, сухом молоке, зерне, яичном порошке, зерновых кашах и кормах. В период 2016–2019 гг. вместе с разработкой ПРМИ массовой доли жира, сырого жира (масличности), золы и углеводов было создано 35 типов СО состава молочных и мясных продуктов, яичного порошка, детского питания, масличных культур и продуктов на их основе, крахмалопродуктов. Кроме того, были разработаны СО состава пищевых добавок (глицин, меламина, цистин) и молочных продуктов для метрологического обеспечения инфракрасных анализаторов, а также СО состава восстановленного молока для контроля результатов измерений методом иммуноферментного анализа. Разработанные СО были систематизированы по областям применения Технических регламентов Таможенного союза и секторам международной модели пищевого треугольника. Разработанные СО позволяют обеспечить единство измерений показателей идентификации и пищевой ценности пищевых продуктов и продовольственного сырья.

Ключевые слова: пищевые продукты, стандартные образцы, эталоны, первичные референтные методики измерений, показатели пищевой ценности, показатели идентификации

Ссылка при цитировании:

Разработка комплекса метрологического обеспечения пищевой промышленности / А. С. Сергеева [и др.] // Эталоны. Стандартные образцы. 2021. Т. 17. № 1. С. 21–33. <http://dx.doi.org/10.20915/2687-0886-2021-17-1-21-33>.

For citation:

Sergeeva A. S., Vostrikova N. L., Medvedevskikh M. Yu. Development of food industry metrological assurance complex. *Measurement standards. Reference materials*. 2021;17(1): 21–33. <http://dx.doi.org/10.20915/2687-0886-2021-17-1-21-33> (In Russ.).

DEVELOPMENT OF FOOD INDUSTRY METROLOGICAL ASSURANCE COMPLEX

© Anna S. Sergeeva¹, Natalia L. Vostrikova², Maria Yu. Medvedevskikh¹

¹UNIIM – Affiliated Branch of the D. I. Mendeleev Institute for Metrology, Ekaterinburg, Russia
Researcher ID: AAE-7942–2021, ORCID: 0000-0001-8347-2633
e-mail: sergeevaas@uniim.ru

²V. M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Received – 25 February, 2021. Revised – 12 March, 2021.

Accepted for publication – 20 March, 2021.

The paper considers the contribution of experts from the Laboratory of Metrology of Moisture Measurement and Reference Materials to the improvement of the food industry metrological assurance system. The information on the results of the development of forty types of reference materials (RM) for the composition of various nutrition, food staples and nutritional supplement in the period 2008–2020 is generalized. The development of each new RM type included preparation of the material, research for its stability and homogeneity, and determination of certified value with the appliance of State primary (GET 173) and secondary (GVET 176–1) standards, as well as primary reference measurement procedures and conducting the interlaboratory experiment for checking the applicability of the RM. The creation in 2008 of GET 173 was accompanied by the development of RMs for the composition of grains and dry milk product. The approval in 2010 of GVET 176–1 allowed to add in the RM the certified value for the mass fraction of nitrogen (protein). As a result of successful participation in comparisons, UNIIM got 6 items of calibration and measurement capabilities on measurements of mass fraction of nitrogen in glycine, milk powder, grain, egg powder, cereal and feed-stuff in the BIPM database. 35 types of RM for the composition of dairy and meat products, egg powder, infant food, oil and starch products together with the development of primary reference measurement procedures for measurement of fat, crude fat, ash and carbohydrates mass fraction were created between 2016 and 2019. Moreover, the RM for the composition of nutritional supplement (glycine, melamine, cystine) and dairy products for metrological assurance of IR-analysers as well as RM for the composition of reconstituted milk were developed for the control of measurement results by the enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA). Developed RM were systemized on fields of the appliance of Technical regulations of Customs Union and the sectors of the international food triangle model. These RMs allow providing the measurement uniformity of the identification indicators and the nutritional value of food products and food staples.

Key words: food products, reference material, measurement standard, primary reference measurement procedure, nutrition value indicator, identification indicator

Введение

Информация о показателях пищевой ценности продуктов питания и продовольственного сырья необходима для решения различных задач: планирование производства, технологический контроль, разработка новых продуктов питания, маркировка, установление соответствия продукции требованиям законодательства, разработка рекомендаций по питанию, расчет меню и т. д. К показателям пищевой ценности относятся содержание белков, жиров, углеводов. Для ряда пищевых продуктов и продовольственного сырья

установлены требования по содержанию в них золы. Дополнительным показателем качества пищевых продуктов является содержание воды (влаги) [1]. При измерении перечисленных показателей необходимо использовать методики измерений с установленными показателями точности, при этом должна быть обеспечена метрологическая прослеживаемость к определенной основе для сравнения [2]. Метрологическая прослеживаемость достигается использованием стандартных образцов (СО), аттестованные значения которых установлены с применением Государственных

первичных эталонов и первичных референтных методик измерений (ПРМИ).

Поскольку номенклатура пищевой продукции является очень широкой и невозможно создать СО для каждого продукта, то в начале 1990-х гг. Ассоциация аналитических сообществ (AOAC INTERNATIONAL – Association of Analytical Communities)¹ разработала модель пищевого треугольника [3, 4]. Данная модель позволяет распределить все пищевые продукты на девять секторов в зависимости от содержания белков, жиров и углеводов. Вершины треугольника соответствуют 100 % каждого компонента. Для валидации аналитического метода для большинства продуктов, расположенных в одном секторе, достаточно провести исследование для одной или двух пищевых матриц из этого сектора. Данная модель была принята Национальным институтом стандартов и технологий США (NIST – The National Institute of Standards and Technology)² при разработке СО состава пищевых продуктов и продовольственного сырья [5–8]. В Российской Федерации отсутствовала единая концепция разработки СО. В связи с этим номенклатура имеющихся СО была весьма ограничена как в части матриц, так и аттестованных характеристик. У большинства СО также отсутствовала метрологическая прослеживаемость к Государственным первичным эталонам или ПРМИ.

С целью совершенствования системы метрологического обеспечения пищевой промышленности специалистами лаборатории метрологии влагометрии и стандартных образцов УНИИМ в период с 2008 по 2020 г. было разработано более 40 типов СО состава пищевых продуктов, продовольственного сырья и пищевых добавок. Аттестованные характеристики СО являются прослеживаемыми к Государственным первичным эталонам и ПРМИ. Настоящая статья посвящена рассмотрению результатов разработки СО в УНИИМ в двух аспектах: 1) с учетом требований законодательства Российской Федерации в области обеспечения единства измерений и технического регулирования; 2) в контексте международной модели пищевого треугольника.

Материалы и методы

Поскольку номенклатура пищевой продукции является очень широкой и невозможно создать СО для каждого продукта, то на первом этапе была составлена номенклатура материалов СО [9] в продолжение

¹ AOAC INTERNATIONAL – Association of Analytical Communities [Сайт]. URL: <https://www.aoac.org>.

² NIST – The National Institute of Standards and Technology [Сайт]. URL: <https://www.nist.gov/>

перечня, представленного в работе [10]. Во-первых, для каждого из действующих Технических регламентов Таможенного союза³ (ТР ТС) выбирали по несколько стабильных и однородных матриц, представляющих весь круг продукции, на который распространяется ТР ТС (табл. 1).

Во-вторых, выбранные материалы СО были соотнесены с моделью пищевого треугольника [3, 4]. Перечень аттестуемых характеристик (показателей пищевой ценности и идентификации) был выбран с учетом имеющейся эталонной и измерительной базы.

Разработка каждого нового типа СО включала следующие стадии:

- подготовка материала СО (перемешивание, кондиционирование, лиофилизация, выбор фракции);
- исследование долговременной и кратковременной стабильности, однородности материала СО с учетом положений [18];
- установление аттестованного значения с применением Государственных первичного и вторичного эталонов и ПРМИ, оценка стандартной неопределенности аттестованного значения СО от характеристики с учетом положений [19];
- проведение межлабораторного эксперимента для проверки применимости СО.

Для установления аттестованных значений СО на базе УНИИМ были использованы следующие первичный и вторичные эталоны:

- Государственный первичный эталон единиц массовой доли, массовой (молярной) концентрации воды в твердых и жидких веществах и материалах ГЭТ 173-2017 [20];
- Государственный вторичный эталон единиц массовой доли и массовой (молярной) концентрации компонентов в твердых и жидких веществах и материалах на основе объемного титриметрического метода анализа ГВЭТ 176-1-2010 [21], который, в свою очередь, прослеживается к Государственному первичному эталону единиц массовой (молярной, атомной) доли и массовой (молярной) концентрации компонентов в жидких и твердых веществах и материалах на основе кулонометрии ГЭТ 176-2019⁴.

³ Действующие Технические регламенты Таможенного союза // Росстандарт [Сайт]. URL: <https://www.rst.gov.ru/portal/gost/home/standarts/technicalregulationses>.

⁴ ГЭТ 176-2019 Государственный первичный эталон единиц массовой (молярной, атомной) доли и массовой (молярной) концентрации компонентов в жидких и твердых веществах и материалах на основе кулонометрии // Фед. информ. фонд по обеспеч. единства измерений [сайт]. URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/12/items/1382712>.

Таблица 1. Выбор номенклатуры стандартного образца

Table 1. Choice of RM nomenclature

Технический регламент	Материал стандартного образца
ТР ТС 015/2011 «О безопасности зерна» [11]	Пшеница, рожь, комбикорм
ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» [12]	Яичный порошок, крахмал, шоколад
ТР ТС 024/2011 «Технический регламент на масложировую продукцию» [13]	Арахисовая паста, шрот, жмых
ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции» [14]	Молоко сухое (цельное, обезжиренное), смесь молочная, творог и сметана сублимационной сушки, сыр сухой
ТР ТС 034/2013 «О безопасности мяса» [15]	Мясо говядины, свинины, птицы сублимационной сушки
ТР ТС 027/2012 «О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического лечебного и диетического профилактического питания» [16]	Каша молочная и безмолочная сухая быстрорастворимая для детского питания рисовая, гречневая, кукурузная
ТР ЕАЭС 040/2016 «О безопасности рыбы и рыбной продукции» [17]	Филе минтая сублимационной сушки

Кроме того, для установления аттестованного значения СО были разработаны ПРМИ [22]:

– ПРМИ массовой доли жира в пищевых продуктах и продовольственном сырье М.241.01/РА.RU.311866/2018⁵;

– ПРМИ массовой доли золы в пищевых продуктах и продовольственном сырье М.241.02/РА.RU.311866/2018⁶ [23];

– ПРМИ массовой доли углеводов в пищевых продуктах и продовольственном сырье⁷;

⁵ Государственная первичная референтная методика измерений массовой доли жира в пищевых продуктах и продовольственном сырье М.241.01/РА.RU.311866/2018 (ФР. ПР1.31.2019.00001) // Фед. информ. фонд по обеспеч. единства измерений [сайт]. URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/6/items/595556>

⁶ Государственная первичная референтная методика измерений массовой доли золы в пищевых продуктах и продовольственном сырье М.241.02/РА.RU.311866/2018 (ФР. ПР1.31.2019.00002) // Фед. информ. фонд по обеспеч. единства измерений [сайт]. URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/6/items/595557>

⁷ Государственная первичная референтная методика измерений массовой доли углеводов в пищевых продуктах и продовольственном сырье (ФР.ПР1.31.2019.00005) // Фед. информ. фонд по обеспеч. единства измерений [сайт]. URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/6/items/1057023>

– ПРМИ массовой доли сырого жира (масличности) в семенах масличных культур и продуктах на их основе⁸ [24].

Результаты и обсуждения

Первыми разработанными СО для пищевой промышленности стали СО состава зерна, продуктов его переработки и сухих молочных продуктов (табл. 2). Создание СО было выполнено в рамках мероприятий по передаче единиц содержания воды (влаги) от Государственного первичного эталона единиц массовой доли и массовой концентрации влаги в твердых веществах и материалах ГЭТ 173-2008 [25]. ГЭТ 173 был разработан лабораторией в период 2006–2008 гг., далее усовершенствован в 2013 и 2017 г. [20]. При разработке СО был использован накопленный опыт лаборатории по созданию и применению методик измерений влажности, оценке неопределенности результатов измерений, подготовке однородного и стабильного

⁸ Государственная первичная референтная методика измерений массовой доли сырого жира (масличности) в семенах масличных культур и продуктах на их основе (ФР. ПР1.31.2019.00009) // Фед. информ. фонд по обеспеч. единства измерений [сайт]. URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/6/items/1057069>

материала для межлабораторных сравнительных испытаний и международных сличений [26, 27].

Дальнейшая деятельность лаборатории была направлена на совершенствование ГЭТ 173, разработку и аттестацию методик измерений и оценку применимости СО массовой доли влаги для контроля качества пищевых продуктов [28], а также на создание метрологического обеспечения в области измерений массовой доли азота (белка). В 2010 г. был утвержден Государственный вторичный эталон единиц массовой доли и массовой (молярной) концентрации компонентов в твердых и жидких веществах и материалах на основе объемного титриметрического метода анализа ГВЭТ 176-1-2010 [21]. В рамках исследований по созданию ГВЭТ 176-1-2010 были разработаны ГСО 9734–2010 состава зерна и продуктов его переработки и ГСО 9563–2010 состава молока сухого (табл. 3).

ГСО 9563–2010 был использован при проведении международных сличений под эгидой КООМЕТ 508/RU/10 (рис. 1). По результатам сличений ГСО 9563–2010 был признан в качестве межгосударственного СО (МСО 1781:2012) и допущен

к применению на территории членов-участников Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации.

Определение массовой доли азота (белка) в ГСО 9563–2010 и ГСО 9734–2010 выполнено с использованием метода Кьельдаля. Данный метод признан в качестве арбитражного рядом международных организаций [29]. Однако он является очень трудоемким и продолжительным по времени. Поэтому испытательные лаборатории все чаще используют экспрессные методы измерений: сжигание по методу Дюма и ИК-спектроскопия [30, 31]. Эти методы требуют построения калибровочных характеристик с использованием чистых веществ. Для метрологического обеспечения экспрессных анализаторов УНИИМ разработал СО состава глицина [32], меламина [33] и цистина (табл. 4).

В последующие годы велись работы по международному признанию измерительных возможностей УНИИМ в области измерений содержания азота. Были проведены ключевые сличения CCQM-K130&P166 по определению массовой доли азота в чистом веществе (глицине) [34], пилотные CCQM-P167 и ключевые

Таблица 2. Стандартные образцы с аттестуемой характеристикой массовой доли влаги

Table 2. RM with certifying characteristic of moisture mass fraction

Наименование СО	Диапазон, %	Погрешность, $\pm\Delta$, %
ГСО 8989–2008 массовой доли влаги зерна 1 разряда	7,0–18,0	0,1
ГСО 8990–2008 массовой доли влаги зерна 2 разряда	7,0–25,0	0,2–0,3
ГСО 9564–2010 массовой доли влаги в продуктах переработки зерна	7,0–16,0	0,2
ГСО 10148–2012 массовой доли влаги в сухих молочных продуктах	2,0–10,0	0,08–0,12

Таблица 3. Стандартные образцы с аттестуемыми характеристиками массовой доли влаги, азота, белка

Table 3. RM with certifying characteristic of mass fraction of moisture, nitrogen (protein)

Наименование СО	Аттестуемые характеристики	Диапазон, %	Погрешность, $\pm\Delta$, %
ГСО 9563–2010 состава молока сухого (АСМ-1) [21]	Массовая доля влаги	2,00–5,00	0,15
	Массовая доля азота*	1,00–7,00	0,03
	Массовая доля белка*	6,0–45,0	0,2
ГСО 9734–2010 состава зерна и продуктов его переработки	Массовая доля влаги	7,0–25,0	0,2–0,3
	Массовая доля азота*	1,00–8,00	0,04–0,06
	Массовая доля белка*	5,00–50,00	0,25–0,35

* значения приведены в пересчете на сухое вещество

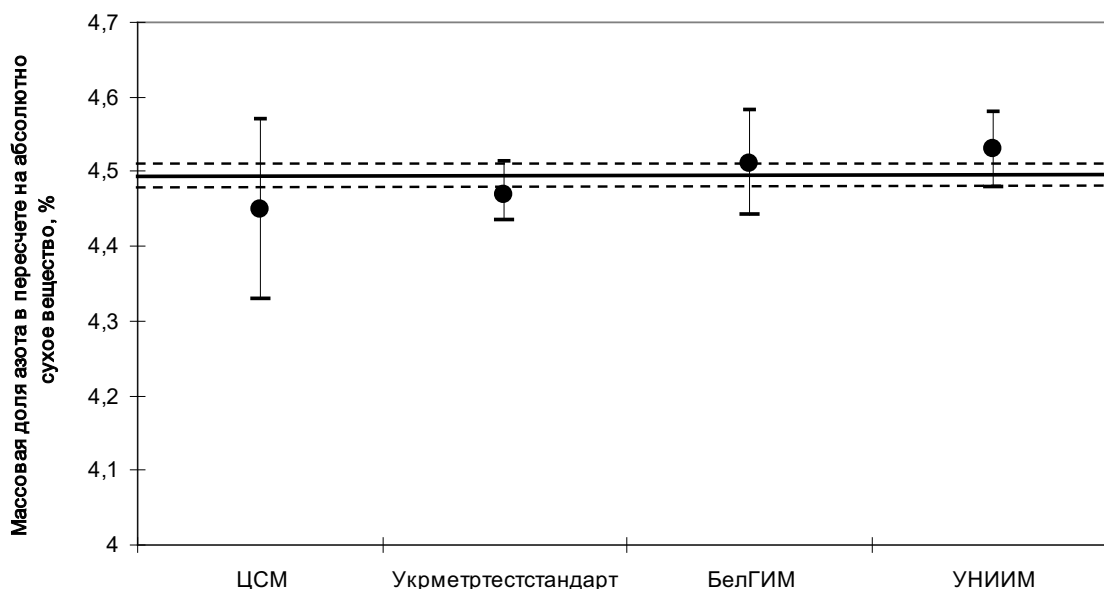


Рис. 1. Результаты сличений COOMET 508/RU/10

Fig. 1. Results of COOMET 508/RU/10 comparisons

Таблица 4. Стандартные образцы состава глицина, меламина и цистина

Table 4. RM for composition of glycine, melamine and cystine

Наименование СО	Аттестуемые характеристики	Диапазон, %	Погрешность, $\pm \Delta$, %
ГСО 10272–2013 состава глицина [32]	Массовая доля азота	18,47–18,66	1,0 отн.
	Массовая доля основного вещества	99,0–100,0	1,0 отн.
ГСО 10825–2016 состава меламина [33]	Массовая доля азота	63,30–66,64	1,5 отн.
	Массовая доля основного вещества	95,0–100,0	1,5 отн.
ГСО 11337–2019 состава цистина	Массовая доля углерода	29,8–30,1	0,3 абс.
	Массовая доля водорода	4,9–5,1	0,2 абс.
	Массовая доля азота	11,5–11,8	0,2 абс.
	Массовая доля серы	26,5–26,8	0,3 абс.

сличения ССQM-K149 по определению массовой доли азота в сухом молоке [35]. Результаты ключевых сличений ССQM-K149 с применением ГСО 9563–2010 представлены на рис. 2. По результатам успешного участия в сличениях УНИИМ получил 6 строчек калибровочных и измерительных возможностей в базе данных Международного бюро мер и весов (BIPM)⁹

⁹ BIPM Bureau International des Poids et Mesures [Сайт]. URL: <https://www.bipm.org>

по измерению массовой доли азота в глицине, сухом молоке, зерне, яичном порошке, зерновых кашах и кормах.

В период 2016–2019 г. лаборатория проводила работы по разработке, утверждению и аттестации ПРМИ для установления операционно-определяемых показателей пищевой ценности: массовой доли жира, сырого жира (масличности), углеводов и золы. С использованием ПРМИ было разработано 35 типов СО состава пищевых продуктов и продовольственного сырья:

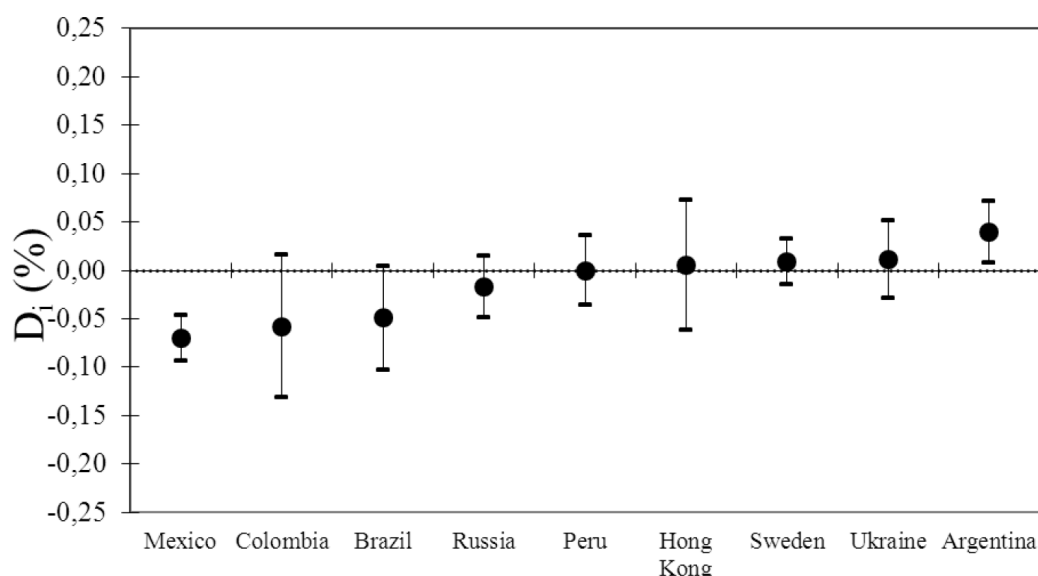


Рис. 2. Результаты сличений CCQM-K149 по определению массовой доли азота в сухом молоке [35]

Fig. 2. Results of CCQM-K149 comparisons on determination of the mass fraction of nitrogen in powdered milk powder [35]

молочных и мясных продуктов, яичного порошка, детского питания, масличных культур и продуктов на их основе, крахмалопродуктов [36]. Хочется отметить, что разработка СО проводилась в тесном сотрудничестве с другими организациями – специалистами в области пищевой промышленности. Так, например, со-разработчиком ГСО 11274–2019/ГСО 11276–2019 состава мясных продуктов сублимационной сушки является ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН (г. Москва) [37]. В качестве примера в табл. 5 приведены метрологические характеристики ГСО 11086–2018/ГСО 11091–2018 состава сухих молочных продуктов (набор АСМ-2 СО УНИИМ) и ГСО 11399–2019 состава молока сухого (АСМ-3 СО УНИИМ).

Применимость ГСО 11086–2018/ГСО 11091–2018 была подтверждена результатами межлабораторных сличительных испытаний по определению показателей качества молока и молочных продуктов МСИ 241-МПЗ. В табл. 6 приведены обобщенные результаты раунда МСИ 241-МПЗ–3, которые демонстрируют применимость СО для контроля точности результатов измерений массовой доли влаги, белка и жира.

В 2020 г. были разработаны СО состава молока и сливок питьевых для метрологического обеспечения экспрессных ИК-анализаторов. Определение аттестованных значений массовых долей сухих веществ, белка, жира и лактозы проведено с применением Государственных эталонов ГЭТ 173-2017, ГВЭТ 176-1-2010 и аттестованных

Таблица 5. Метрологические характеристики ГСО 11086–2018/ГСО 11091–2018 и ГСО 11399–2019
Table 5. Metrological characteristics of GSO 11086–2018/GSO 11091–2018 and GSO 11399–2019

Наименование СО	Аттестуемые характеристики	Диапазон, %	Погрешность, $\pm \Delta$, %
ГСО 11086–2018/ГСО 11091–2018 состава сухих молочных продуктов (набор АСМ-2 СО УНИИМ)	Массовая доля влаги	2,00–10,00	0,08–0,12
	Массовая доля азота*	0,20–11,00	0,03
	Массовая доля белка*	1,2–70,0	0,2
	Массовая доля жира*	0,10–80,00	0,10–0,25
ГСО 11399–2019 состава молока сухого (АСМ-3 СО УНИИМ)	Массовая доля лактозы*	30,0–55,0	5,0
	Массовая доля углеводов*	30,0–70,0	0,4

* значения приведены в пересчете на сухое вещество

Таблица 6. Обобщенные результаты раунда МСИ 241-МПЗ–3/2018 «Определение показателей качества молока и молочных продуктов»

Table 6. Generalized results of interlaboratory comparison tests 241-MP3–3/2018. Determination of milk and dairy products quality data

В процентах

Шифр образца	Определяемый показатель	Процент лабораторий, показавших удовлетворительные результаты	Процент лабораторий, показавших сомнительные результаты	Процент лабораторий, показавших неудовлетворительные результаты
МПЗ(1)	Массовая доля влаги	100	0	0
	Массовая доля белка	84	11	5
	Массовая доля жира	78	18	4
МПЗ(2)	Массовая доля влаги	93	7	0
	Массовая доля белка	90	0	10
	Массовая доля жира	77	0	23

методик измерений, разработанных в ходе расширения области применения ПРМИ (ФР.ПР1.31.2019.00001, ФР.ПР1.31.2019.00005). Дополнительные измерения выполнены в испытательной лаборатории ФГБОУ ВО УрГЭУ (г. Екатеринбург) с применением стандартизованных методик измерений [38].

Новым направлением работы лаборатории является создание метрологического обеспечения для иммуноферментного анализа. Так, в 2018 г. совместно с ООО «ХЕМА» (г. Москва) был разработан ГСО 11168–2018 состава восстановленного

молока (ВМ СО УНИИМ) с аттестованными значениями массовой доли азота и массовой концентрации сухого молока [39].

Таким образом, на сегодняшний день лаборатория метрологии влагометрии и стандартных образцов выпускает более 40 типов СО состава пищевых продуктов, продовольственного сырья и пищевых добавок, необходимых для метрологического обеспечения результатов измерений показателей идентификации пищевой продукции на соответствие требованиям Технических регламентов Таможенного союза (рис. 3).



Рис. 3. Распределение выпускаемых СО состава пищевых продуктов в зависимости от объектов ТР ТС

Fig. 3. Distribution of the producing RMs for the composition of food products depending on the objects of the Technical Regulations of the Customs Union

Выпускаемые СО занимают семь из девяти секторов международной модели пищевого треугольника [3, 4] (рис. 4). Следовательно, они могут применяться для валидации аналитических методов для пищевых продуктов и продовольственного сырья, расположенных в этих секторах.

В ближайших планах лаборатории – разработка СО для недостающих секторов пищевого треугольника и групп продукции, указанных в Технических регламентах: СО состава рыбы сублимационной сушки, шоколада, арахиса, соевой муки, сахара. Следующим этапом станет расширение перечня аттестованных характеристик разработанных СО путем включения информации об углеводном, жирно-кислотном и аминокислотном составе.

Заключение

Таким образом, специалистами лаборатории метрологии влагометрии и стандартных образцов УНИИМ в период с 2008 по 2020 г. разработан комплекс для метрологического обеспечения измерений показателей пищевой ценности продуктов питания, который включает государственные эталоны единиц величин (ГЭТ 173-2017; ГВЭТ 176–1–2010), ПРМИ и более 40 типов СО состава пищевых продуктов и продовольственного сырья.

Разработанные СО позволяют обеспечить единство измерений показателей идентификации и пищевой ценности пищевых продуктов и продовольственного

сырья при установлении соответствия продукции требованиям законодательства о техническом регулировании, а также согласованность результатов измерений, полученных на территории Российской Федерации и на международном уровне. С учетом международной модели пищевого треугольника разработанная номенклатура СО позволяет оптимизировать систему метрологического обеспечения пищевой промышленности путем использования ограниченного числа матриц для широкого круга анализируемых объектов.

Вклад соавторов

Сергеева А. С.: определение замысла и методологии статьи, сбор и анализ литературных данных, в том числе на иностранных языках, подготовка первоначального варианта текста статьи, компьютерная работа с текстом, написание текста, доработка текста.

Вострикова Н. Л.: курирование экспериментальных исследований, критический анализ материалов статьи.

Медведевских М. Ю.: концепция и инициирование исследования, определение замысла и методологии статьи, курирование экспериментальных исследований, критический анализ материалов статьи.

Конфликт интересов

Материал статьи подготовлен на основе доклада, представленного на IV Международной

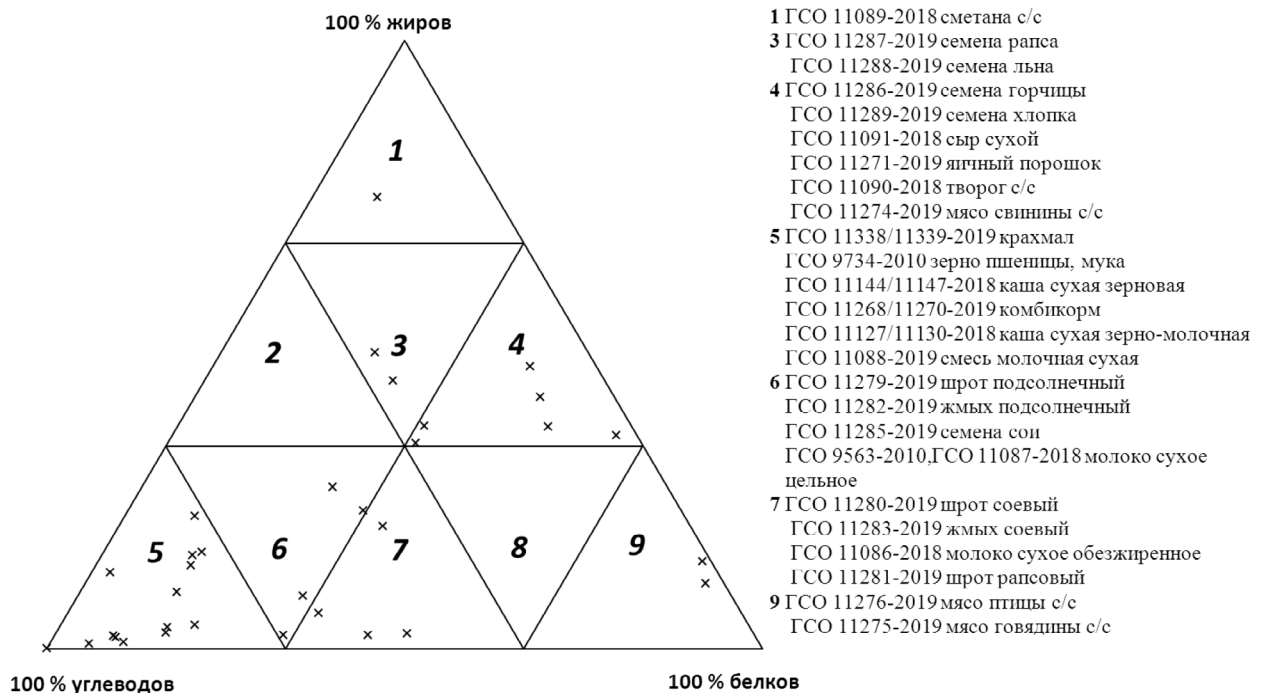


Рис. 4. Распределение выпускаемых СО по секторам пищевого треугольника

Fig. 4. Distribution of the producing RMs divided on the food triangle sectors

научной конференции «Стандартные образцы в измерениях и технологиях» (С.-Петербург, 1–3 декабря 2020 г.). Статья допущена к публикации после доработки тезисов доклада и проведения процедуры рецензирования.

Переводная версия статьи на английском языке планируется к публикации в книге Medvedevskikh S., Sobina E., Kremleva O., Okrepilov M. (eds.). Reference Materials in Measurement and Technology. RMMT 2020. Switzerland: Springer, Cham.

ЛИТЕРАТУРА

- Nielsen S. S. Food Analysis. 5th ed. New York: Springer, 2017. 649 p.
- ISO/IEC 17025:2017 General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. Geneva: ISO, 2017.
- A food matrix organizational system applied to collaborative studies / W. Ikins [et al.] // The referee AOAC international. 1993. Vol. 17. № 7. pp. 1–7.
- Wolf W. R., Andrews K. W. A system for defining reference materials applicable to all food matrices // Fresenius J Anal Chem. 1995. Vol. 352. № 1–2. pp. 73–76. <https://doi.org/10.1007/BF00322300>.
- Recent SRMs for organic and inorganic nutrients in food matrices / K. E. Sharpless [et al.] // Fresenius journal of analytical chemistry. 1998. Vol. 360. № 3–4. pp. 456–458. <https://doi.org/10.1007/s002160050738>.
- Standard reference materials for foods and dietary supplements / K. E. Sharpless [et al.] // Analytical and Bioanalytical Chemistry. 2007. Vol. 389. № 1. pp. 171–178. <https://doi.org/10.1007/s00216-007-1315-y>.
- Phillips M. M., Sharpless K. E., Wise S. A. Standard reference materials for food analysis. Analytical and Bioanalytical Chemistry. 2013. Vol. 405. № 13. pp. 4325–4335. <https://doi.org/10.1007/s00216-013-6890-5>.
- Wise S. A., Phillips M. M. Evolution of reference materials for the determination of organic nutrients in food and dietary supplements—a critical review // Analytical and Bioanalytical Chemistry. 2019. Vol. 411. № 1. pp. 97–127. <https://doi.org/10.1007/s00216-018-1473-0>.
- О разработке стандартных образцов показателей качества пищевых продуктов / М. Ю. Медведевских [и др.] // Стандартные образцы в измерениях и технологиях: сб. тез. докладов III Междунар. науч. конф., Екатеринбург, 11–14 сентября 2018 г. / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии [и др.]. Екатеринбург: УНИИМ, 2018. С. 129–131.
- Запорожец А. С., Парфенова Е. Г., Гущина М. О. Метрологическое обеспечение влагометрии продукции (в рамках требований Технических регламентов таможенного союза) // Методы оценки соответствия. 2013. № 9. С. 19–22.
- TR TC 015/2011 On Safety of Grain: Technical Regulations of the Customs Union // European Commission website. URL: https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/safety/docs/ia_eu-ru_sps-req_decision-874_en.pdf. (Accessed 09 February 2021).
- TR CU 021/2011 On food safety: Technical Regulations of the Customs Union // IFCG Encyclopedia. URL: https://en.cyclopedia.ifcg.ru/wiki/Technical_Regulation_of_the_Customs_Union_021/2011_%22On_food_safety%22. (Accessed 09 February 2021).
- TR CU 024/2011 On safety of fat-and-oil products: Technical Regulations of the Customs Union // IFCG Encyclopedia. URL: https://en.cyclopedia.ifcg.ru/wiki/Technical_Regulation_of_the_Customs_Union_024/2011_%22On_safety_of_fat-and-oil_products%22. (Accessed 09 February 2021).
- TR CU 033/2013 On safety of milk and dairy products: Technical Regulations of the Customs Union // IFCG Encyclopedia. URL: https://en.cyclopedia.ifcg.ru/wiki/Technical_Regulation_of_the_Customs_Union_033/2013_%22On_safety_of_milk_and_dairy_products%22. (Accessed 09 February 2021).
- TR CU 034/2013 On safety of meat and meat products: Technical Regulations of the Customs Union // IFCG Encyclopedia. URL: https://en.cyclopedia.ifcg.ru/wiki/Technical_Regulation_of_the_Customs_Union_034/2013_%22On_safety_of_meat_and_meat_products%22. (Accessed 09 February 2021).
- TR CU 027/2012 On safety of certain types of specialized food products including the therapeutic and preventive dietary food: Technical Regulations of the Customs Union // European Commission website. URL: https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/safety/docs/ia_eu-ru_sps-req_decision-34_annex_en.pdf.
- TR EAEU 040/2016 On safety of fish and fish products: Technical Regulation of the Eurasian Economic Union // IFCG Encyclopedia. URL: https://en.cyclopedia.ifcg.ru/wiki/Technical_Regulation_of_the_Eurasian_Economic_Union_040/2016_%22On_safety_of_fish_and_fish_products%22. (Accessed 09 February 2021).
- ISO Guide 35:2017 Reference materials – Guidance for characterization and assessment of homogeneity and stability. Geneva: ISO, 2017.
- Eurachem/CITAC Guide: Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement / Ellison S. L. R., Williams A. 3th ed. 2012. 141 p. URL: https://www.eurachem.org/images/stories/Guides/pdf/QUAM2012_P1.pdf. (Accessed 09 February 2021).
- Создание эталонов сравнения для реализации Государственной поверочной схемы средств измерений содержания воды / М. Ю. Медведевских [и др.] // Измерительная техника. 2019. № 6. С. 70–80. <https://doi.org/10.32446/0368-1025it.2019-6-3-10>.
- Оценка метрологических характеристик стандартного образца состава молока сухого с использованием первичного и вторичного государственных эталонов / М. П. Крашенинина [и др.] // Измерительная техника. 2013. № 9. С. 67–71.
- Применение первичных референтных методик измерений в сфере обеспечения единства измерений / А. С. Сергеева [и др.] // Законодательная и прикладная метрология. 2020. № 5 (167). С. 5–9.



23. Государственная первичная референтная методика измерений массовой доли золы в пищевых продуктах и продовольственном сырье / М. Ю. Медведевских [и др.] // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2019. Т. 85. № 6. С. 70–80. <https://doi.org/10.26896/1028-6861-2019-85-6-70-80>.
24. Сергеева А. С., Парфенова Е. Г., Голынец О. С. Разработка первичной референтной методики измерений и стандартных образцов массовой доли сырого жира (масличности) в семенах масличных культур и продуктах на их основе // Эталоны. Стандартные образцы. 2020. Т. 16. № 3. С. 37–51. <https://doi.org/10.20915/2687-0886-2020-16-3-37-51>.
25. Государственный первичный эталон единиц массовой доли и массовой концентрации влаги в твердых веществах и материалах / В. В. Горшков [и др.] // Измерительная техника. 2010. № 4. С. 24–27.
26. Медведевских С. В., Медведевских М. Ю., Карпов Ю. А. Общие подходы к оценке неопределенности результатов воспроизведения единиц содержания воды в твердых веществах и материалах // Измерительная техника. 2015. № 8. С. 65–70.
27. Medvedevskikh S. V., Medvedevskikh M. Y., Krashenina M. P. Quality assessment of the preparation of reference materials of moist solid substances // Reference Materials in Measurement and Technology. RMMT 2018. S. V. Medvedevskikh [et al.]. Switzerland: Springer, Cham, 2020. pp. 153–173. https://doi.org/10.1007/978-3-030-32534-3_16.
28. Медведевских М. Ю., Казеннова Н. К., Крашенинина М. П. Аттестация методов измерений и оценка применимости стандартных образцов массовой доли влаги для контроля качества пищевых продуктов в процессе их производства, переработки и хранения // Стандартные образцы. 2013. № 4. С. 40–45.
29. Moore J. C., DeVries J. W., Lipp M., Griffiths J. C., Abernethy D. R. Total protein methods and their potential utility to reduce the risk of food protein adulteration // Comprehensive reviews in food science and food safety. 2010. Vol. 9. № 4. pp. 330–351. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2010.00114.x>.
30. Ingle P. D., Christian R., Purohit P., Zarraga V., Handley E., Freel K., Abdo S. Determination of protein content by NIR spectroscopy in protein powder mix products // Journal of AOAC INTERNATIONAL. 2016. Vol. 99. № 2. pp. 360–363. <https://doi.org/10.5740/jaoacint.15-0115>.
31. Protein determination – methods matter / H. K. Maehre [et al.] // Foods. 2018. Vol. 7. № 1. pp. 5. <https://doi.org/10.3390/foods7010005>.
32. Создание стандартного образца состава глицина (СГ СО УНИИМ) / М. П. Крашенинина [и др.] // Стандартные образцы. 2015. № 1. С. 23–33.
33. Крашенинина М. П., Макарова С. Г., Шохина О. С. Разработка высокоточной методики определения азота и основного вещества в меламине методом Кьельдаля // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2017. Т. 83. № 6. С. 64–71.
34. Final report of CCQM-K130 nitrogen mass fraction measurements in glycine / M. Medvedevskikh [et al.] // Metrologia. 2017. Vol. 54. № 1A. 08004. <https://doi.org/10.1088/0026-1394/54/1A/08004>.
35. Report of CCQM-K149 nitrogen mass fraction measurements in milk powder / M. Medvedevskikh [et al.] // Metrologia. 2019. Vol. 56. № 1A. 08011. <https://doi.org/10.1088/0026-1394/56/1A/08011>.
36. Медведевских М. Ю., Сергеева А. С. Вопросы обеспечения метрологической прослеживаемости результатов измерений показателей качества пищевых продуктов и продовольственного сырья // Измерительная техника. 2020. № 3. С. 64–70. <https://doi.org/10.32446/0132-4713.2020-3-64-70>.
37. About the development of reference materials of meat and meat product composition / M. Medvedevskikh [et al.] // Journal of physics: conference series. 2019. 1420. 012030. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1420/1/012030>.
38. Стандартные образцы состава молочных продуктов для поверки ИК-анализаторов молока / М. Ю. Медведевских [и др.] // Пищевая промышленность. 2021. № 1. С. 16–19. <https://doi.org/10.24411/0235-2486-2021-10003>.
39. Методики идентификации и контроля качества молока и молочных продуктов: особенности разработки и применения в сфере технического регулирования / М. Ю. Медведевских [и др.] // Законодательная и прикладная метрология. 2020. № 4 (166). С. 13–16.

REFERENCES

1. Nielsen S. S. Food Analysis. 5th ed. New York: Springer; 2017. 649 p.
2. ISO/IEC 17025:2017 General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. Geneva: ISO; 2017.
3. Ikins W., De Vries J., Wolf W. R., Oles P., Carpenter D., Fraley N. et al. A food matrix organizational system applied to collaborative studies. The referee AOAC international. 1993;17(7):1–7.
4. Wolf W. R., Andrews K. W. A system for defining reference materials applicable to all food matrices. The referee AOAC international. 1995;352(1–2):73–76. <https://doi.org/10.1007/BF00322300>.
5. Sharpless K. E., Welch M. J., Greenberg R. R., Iyengar G. V., Colbert J. C. Recent SRMs for organic and inorganic nutrients in food matrices. Fresenius journal of analytical chemistry. 1998;360(3–4):456–458. <https://doi.org/10.1007/s002160050738>.
6. Sharpless K. E., Thomas J. B., Christopher S. J., Greenberg R. R., Sander L. C., Schantz M. M. et al. Standard reference materials for foods and dietary supplements. Analytical and Bioanalytical Chemistry. 2007;389(1):171–178. <https://doi.org/10.1007/s00216-007-1315-y>.
7. Phillips M. M., Sharpless K. E., Wise S. A. Standard reference materials for food analysis. Analytical and Bioanalytical Chemistry. 2013;405(13):4325–4335. <https://doi.org/10.1007/s00216-013-6890-5>.

8. Wise S. A., Phillips M. M. Evolution of reference materials for the determination of organic nutrients in food and dietary supplements—a critical review. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 2019;411(1):97–127. <https://doi.org/10.1007/s00216-018-1473-0>.
9. Medvedevskikh M. Y., Krasheninina M. P., Sergeeva A. S., Nikonova N. A. On the development of reference materials of food quality indicators. In: *Reference materials in measurement and technology: Conference abstracts III International scientific conference, 11–14 September 2018. Yekaterinburg, Russia. Yekaterinburg: UNIM; 2018. p.129–131. (in Russ.)*.
10. Zaporozhets A. S., Parfenova E. G., Gushchina M. O. Metrological support of product moisture measurement (within the framework of the requirements of Customs Union Technical Regulations). *Conformity assessment methods*. 2013;9:19–22. (In Russ.).
11. TR CU 015/2011 On safety of grain: Technical Regulations of the Customs Union. Available from: https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/safety/docs/ia_eu-ru_sps-req_decision-874_en.pdf. (Accessed 09 February 2021).
12. TR CU 021/2011 On food safety: Technical Regulations of the Customs Union. Available from: https://en.cyclopedia.ifcg.ru/wiki/Technical_Regulation_of_the_Customs_Union_021/2011_%22On_food_safety%22. (Accessed 09 February 2021).
13. TR CU 024/2011 On safety of fat-and-oil products: Technical Regulations of the Customs Union. Available from: https://en.cyclopedia.ifcg.ru/wiki/Technical_Regulation_of_the_Customs_Union_024/2011_%22On_safety_of_fat-and-oil_products%22. (Accessed 09 February 2021).
14. TR CU 033/2013 On safety of milk and dairy products: Technical Regulations of the Customs Union. Available from: https://en.cyclopedia.ifcg.ru/wiki/Technical_Regulation_of_the_Customs_Union_033/2013_%22On_safety_of_milk_and_dairy_products%22. (Accessed 09 February 2021).
15. TR CU 034/2013 On safety of meat and meat products: Technical Regulations of the Customs Union. Available from: https://en.cyclopedia.ifcg.ru/wiki/Technical_Regulation_of_the_Customs_Union_034/2013_%22On_safety_of_meat_and_meat_products%22. (Accessed 09 February 2021).
16. TR CU 027/2012 On safety of certain types of specialized food products including the therapeutic and preventive dietary food: Technical Regulations of the Customs Union. Available from: https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/safety/docs/ia_eu-ru_sps-req_decision-34_annex_en.pdf. (Accessed 09 February 2021).
17. TR EAEU 040/2016 On safety of fish and fish products: Technical Regulation of the Eurasian Economic Union. Available from: https://en.cyclopedia.ifcg.ru/wiki/Technical_Regulation_of_the_Eurasian_Economic_Union_040/2016_%22On_safety_of_fish_and_fish_products%22. (Accessed 09 February 2021).
18. ISO Guide 35:2017 Reference materials – Guidance for characterization and assessment of homogeneity and stability. Geneva: ISO; 2017.
19. Ellison S. L. R., Williams A. (eds.). *Eurachem/CITAC guide: Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement*. 3th ed. 2012. Available from: https://www.eurachem.org/images/stories/Guides/pdf/QUAM2012_P1.pdf. (Accessed 09 February 2021).
20. Medvedevskikh M. Y., Sergeeva A. S., Krasheninina M. P., Shokhina O. S. Creating reference standards for the implementation of the State verification scheme for water content measurement. *Measurement Techniques*. 2019;62(6):475–483. <https://doi.org/10.1007/s11018-019-01649-3>.
21. Krasheninina M. P., Medvedevskikh M. Yu., Medvedevskikh S. V., Sobina E. P., Neudachina L. K. An estimate of the metrological characteristics of a standard sample of the composition of dried whole milk using primary and secondary state standards. *Measurement Techniques*. 2013;56(9):1076–1082. <https://doi.org/10.1007/s11018-013-0333-8>.
22. Sergeeva A. S., Medvedevskikh M. Y., Studenok V. V., Parfenova E. G. Use of primary reference measurement techniques in the field of assurance of measurement uniformity. *Zakonodatel'naya i prikladnaya metrologiya = Legal and Applied Metrology*. 2020;5(167):5–9. (In Russ.).
23. Medvedevskikh M. Yu., Sergeeva A. S., Krasheninina M. P., Shokhina O. S. State primary reference procedure for the measurement of ash mass fraction in food, foodstuff and alimentary raw materials. *Industrial laboratory. Diagnostics of materials*. 2019;85(6):70–80. (In Russ.). <https://doi.org/10.26896/1028-6861-2019-85-6-70-80>.
24. Sergeeva A. S., Parfenova E. G., Golynets O. S. Development of primary reference measurement procedure and reference materials for mass fraction of crude fat (oil content) in oilseeds and other products on their base. *Measurement Standards. Reference Materials*. 2020;16(3):37–51. (In Russ.) <https://doi.org/10.20915/2687-0886-2020-16-3-37-51>.
25. Gorshkov V. V., Koryakov V. I., Medvedevskikh M. Yu., Medvedevskikh S. V. State primary standard of unit of mass fraction and unit of mass concentration of moisture in solid substances and solid fabricated materials. *Measurement Techniques*. 2010;53(4):386–390. <https://doi.org/10.1007/s11018-010-9515-9>.
26. Medvedevskikh S. V., Medvedevskikh M. Y., Karpov Y. A. General approaches to the estimation of uncertainty in the results of reproducing units of water content in solids and materials. *Measurement Techniques*. 2015;58(8):926–933. <https://doi.org/10.1007/s11018-015-0819-7>.
27. Medvedevskikh S. V., Medvedevskikh M. Y., Krasheninina M. P. Quality assessment of the preparation of reference materials of moist solid substances. In: *Medvedevskikh S., Kremleva O., Vasil'eva I., Sobina E. (eds.). Reference Materials in Measurement and Technology. RMMT 2018. Switzerland: Springer, Cham; 2020. p. 153–173. https://doi.org/10.1007/978-3-030-32534-3_16*.
28. Medvedevskikh M. Yu., Kazennova N. K., Krasheninina M. P. Certification of measurement procedures and applicability evaluation of reference materials of moisture mass fraction for quality control of food products in the course of their production, processing and storage. *Reference Materials*. 2013;4:40–45. (In Russ.).

29. Moore J. C., DeVries J. W., Lipp M., Griffiths J. C., Abernethy D. R. Total protein methods and their potential utility to reduce the risk of food protein adulteration. *Comprehensive reviews in Food Science and Food Safety*. 2010;9(4):330–351. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2010.00114.x>.
30. Ingle P. D., Christian R., Purohit P., Zarraga V., Handley E., Freel K., Abdo S. Determination of protein content by NIR spectroscopy in protein powder mix products. *Journal of AOAC INTERNATIONAL*. 2016;99(2):360–363. <https://doi.org/10.5740/jaoacint.15-0115>.
31. Maehre H. K., Dalheim L., Edvinsen S. K., Elvevoll E. O., Jensen I.-J. Protein determination – methods matter. *Foods*. 2018;7(1):5. <https://doi.org/10.3390/foods7010005>.
32. Krasheninina M. P., Neudachina L. K., Sergeeva A. S., Sobina E. P. Creation of certified reference material based on glycine. *Reference materials*. 2015;(1):23–33. (In Russ.)
33. Krasheninina M. P., Makarova S. G., Shokhina O. S. Development of high-precision method for determination of nitrogen and basic substance in melamine by the Kjeldahl method. *Industrial laboratory. Diagnostics of materials*. 2017;83(6):64–71. (In Russ.).
34. Medvedevskikh M., Krasheninina M., Rego E. C. P. D., Wollinger W., Monteiro T. M., Carvalho L. J. D. et al. Final report of CCQM-K130 nitrogen mass fraction measurements in glycine. *Metrologia*. 2017;54(1A):08004. <https://doi.org/10.1088/0026-1394/54/1A/08004>.
35. Medvedevskikh M., Krasheninina M., Cárdenas I. A. G., Erazo L. V. M., Forigua D. A. A. et al. Report of CCQM-K149 nitrogen mass fraction measurements in milk powder. *Metrologia*. 2019;56(1A):08011. <https://doi.org/10.1088/0026-1394/56/1A/08011>.
36. Medvedevskikh M. Yu., Sergeeva A. S. Problems of ensuring metrological traceability of measurement results of indicators of quality for food products and food raw materials. *Measurement Techniques*. 2020;3:64–70. (In Russ.). <https://doi.org/10.32446/0132-4713.2020-3-64-70>.
37. Medvedevskikh M. Yu., Sergeeva A. S., Krasheninina M. P., Vostrikova N. L., Semenova A. A., Kuznetsova O. A. About the development of reference materials of meat and meat product composition. *Journal of Physics: Conference Series*. 2019;1420:012030. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1420/1/012030>.
38. Medvedevskikh M. Yu., Sergeeva A. S., Kasilyunas A. V., Shatskikh E. V., Kolberg N. A. Certified reference materials of dairy products composition for IR milk analyzers verification. *Food Industry*. 2021;1:16–19. (In Russ.). <https://doi.org/10.24411/0235-2486-2021-10003>.
39. Medvedevskikh M. Yu., Medvedevskikh S. V., Sergeeva A. S., Petukhov P. A. Methods of identification and quality control of milk and dairy products: development and application in the field of technical regulation. *Zakonodatel'naya i prikladnaya metrologiya = Legal and Applied Metrology*. 2020;4(166):13–16. (In Russ.).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Сергеева Анна Сергеевна – канд. хим. наук, старший научный сотрудник лаборатории метрологии влагометрии и стандартных образцов УНИИМ – филиала ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева».

620075, Россия, г. Екатеринбург,
ул. Красноармейская, д. 4
e-mail: sergeevaas@uniim.ru
Researcher ID: AAE-7942-2021
ORCID: 0000-0001-8347-2633

Вострикова Наталья Леонидовна – д. техн. наук, руководитель научно-исследовательского испытательного центра ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН

109316, Россия, г. Москва,
ул. Талалихина, д. 26
e-mail: n.vostrikova@fncps.ru
Researcher ID: D-3058-2014
ORCID: 0000-0002-9395-705X

Медведевских Мария Юрьевна – канд. техн. наук, ведущий лабораторией метрологии влагометрии и стандартных образцов УНИИМ – филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева».

620075, Россия, г. Екатеринбург,
ул. Красноармейская, д. 4
Тел: (343) 350-60-63
e-mail: lab241@uniim.ru
Researcher ID: G-6171-2017

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Anna S. Sergeeva – PhD (Chem.), senior researcher, laboratory for metrological support of moisture measurement and reference materials, UNIIM – Affiliated Branch of the D. I. Mendeleev Institute for Metrology.

4 Krasnoarmeyskaya str., Ekaterinburg,
620075, Russia
e-mail: sergeevaas@uniim.ru
Researcher ID: AAE-7942-2021
ORCID: 0000-0001-8347-2633

Natalia L. Vostrikova – D. Sc. (Eng.), head of the research and development center V. M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences.

26 Talalikhina str., Moscow,
109316, Russia
e-mail: n.vostrikova@fncps.ru
Researcher ID: D-3058-2014
ORCID: 0000-0002-9395-705X

Mary Yu. Medvedevskikh – PhD (Eng.), head of laboratory for metrological support of moisture measurement and reference materials, UNIIM – Affiliated Branch of the D. I. Mendeleev Institute for Metrology.

4 Krasnoarmeyskaya str., Ekaterinburg,
620075, Russian Federation
e-mail: lab241@uniim.ru
Researcher ID: G-6171-2017