

Подходы к совершенствованию системы контроля качества зерна на элеваторах

Александр А. Рындин ¹	ryndinaa@mgupp.ru	 0000-0001-6861-9297
Алла Н. Стрелюхина ¹	alstrel@rambler.ru	 0000-0001-5352-8165
Юлия А. Сорокина ²	sorokina9101994@ya.ru	 0000-0003-2197-2063

¹ Московский государственный университет пищевых производств, Волоколамское шоссе 11, г. Москва, 125080, Россия

² Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. Рассмотрен производственный процесс на элеваторных комплексах, одна из основных задач которого формирование партий зерна с заданными показателями качества. Важное место отведено системе контроля физических и химико-биологических показателей зерна, нормируемых ГОСТ 9353–2016: массовая доля белка; количество и качество клейковины; число падения; стекловидность; натура; влажность; содержание сорной и зерновой примеси. Применяемая система контроля, приборное оснащение, методики измерений несовершенны продолжительны по времени и ориентированы на устаревшие приборы. применяемые на элеваторах. Методы лабораторных исследований зерна не позволяют их интегрировать в технический процесс управления современными машинами и аппаратами в «on-line» режиме. Описаны проблемы в определении засоренности, влажности зерна. В результате анализа современного состояния предложены направления совершенствования системы контроля качества зерна. Одним из способов уменьшения времени проведения лабораторного анализа зерна является применение приборов, использующих в своей работе метод БИК-спектроскопии. Инструментальной базой спектрального анализа являются: инфракрасные анализаторы и спектрофотометры. Они позволяют оперативно определять параметры: содержание жира, белка, крахмала, влажность, зольность. К достоинствам инфракрасных анализаторов качества зерна можно отнести: значительное сокращение времени на проведение анализа; существенная экономия энергоресурсов; приборы не требуют применения дорогостоящих расходных материалов и химических реактивов; менее жесткие требования по специальной подготовке предъявляются к обслуживающему персоналу, производящему измерения. Показана сфера применения в мировой практике инфракрасных анализаторов для анализа качества сельхозпродукции, описаны их достоинства.

Ключевые слова: зерно, анализ, элеватор, определение качества, инфракрасные анализаторы, система контроля.

Approaches to improving the grain quality control system at elevators

Aleksandr A. Ryndin ¹	ryndinaa@mgupp.ru	 0000-0001-6861-9297
Alla N. Streljuhina ¹	alstrel@rambler.ru	 0000-0001-5352-8165
Yulia A. Sorokina ²	sorokina9101994@ya.ru	 0000-0003-2197-2063

¹ Moscow State University of Food Production, Volokolamskoe Highway 11, Moscow, 125080, Russia

² Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia)

Abstract. The production process at elevator complexes is considered, one of the main tasks of which is the formation of batches of grain with specified quality indicators. An important place is given to the control system of physical and chemical-biological indicators of grain, standardized by GOST 9353-2016: mass fraction of protein; quantity and quality of gluten; falling number; vitreousness; nature; humidity; the content of weed and grain impurities. The applied control system, instrumentation, measurement methods are imperfect, long in time and focused on outdated devices. used on elevators. The methods of laboratory studies of grain do not allow them to be integrated into the technical process of controlling modern machines and devices in the "on-line" mode. Problems in determining grain debris and moisture content are described. As a result of the analysis of the current state, directions for improving the grain quality control system are proposed. One of the ways to reduce the time for laboratory analysis of grain is the use of devices that use the method of NIR spectroscopy in their work. The instrumental base of spectral analysis is infrared analyzers and spectrophotometers. They allow you to quickly determine the parameters: fat, protein, starch, moisture content, ash content. The advantages of infrared analyzers of grain quality include: a significant reduction in the time for analysis; significant energy savings; devices do not require the use of expensive consumables and chemicals; less stringent requirements for special training are imposed on service personnel performing measurements. The scope of application in world practice of infrared analyzers for analyzing the quality of agricultural products is shown, their advantages are described

Keywords: seed, analysis, elevator, definition of quality, infrared analyzers, control system.

Для цитирования

Рындин А.А., Стрелюхина А.Н. Сорокина Ю.А. Подходы к совершенствованию системы контроля качества зерна на элеваторах // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 3. С. 61–67. doi:10.20914/2310-1202-2021-3-61-67

For citation

Ryndin A.A., Streljuhina A.N., Sorokina Yu.A. Approaches to improving the grain quality control system at elevators. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 3. pp. 61–67. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-3-61-67

Введение

Основное предназначение элеваторов (хлебоприемных предприятий) заключается в приеме большого количества зерна с различными физическими и химико-биологическими свойствами, формирование из него однородных партий с заданными показателями качества и обеспечение его сохранности определенный период времени.

Классический производственный процесс на элеваторных комплексах России состоит из:

— приемки зерна, распределения его по силосам (банкам) в зависимости от сорта и основных технологических показателей (классу, засоренности, влажности, общей стекловидности и т. п.);

— предварительной и основной очистки зерна от всех типов примесей, в том числе и сорных, линейные размеры и аэродинамические свойства, которых отличаются от зерновок основной культуры;

— тепловой сушки зерна, как способа, позволяющего обеспечить лучшую сохранность путем корректировки физических и химико-биологических свойств;

— формирования зерновых партии с заданными физическими и химико-биологическими свойствами (классу, засоренностью, влажностью, общей стекловидностью и т. п.), отвечающих требованиям, предъявляемым покупателями, и в зависимости от дальнейшего использования;

— отгрузки сформированной зерновой партии в транспортное средство с целью ее доставки покупателю, (предприятию) для дальнейшей переработки [1–5].

Процесс приема зерна сопровождается определением ряда физических и химико-биологических показателей его качества.

Лаборатории элеваторов определяют физические и химико-биологические показатели качества поступающего зерна в каждом транспортном средстве, что в свою очередь снижает скорость приема зерна и приводит к простоем транспортных средств.

Процедура приемки зерна, поступающего на элеваторы, регламентируется ГОСТ 13586.3–83 [6].

Данный документ определяет правила приема зерна, начиная от правильности оформления сопроводительных документов

на поступающую партию зерна, до веса пробы, забираемой для последующего проведения лабораторных исследований по подтверждению физических и химико-биологических показателей, и формирования среднесуточной пробы поступившего на элеватор зерна от всех поставщиков.

В ГОСТ 13586.3–83 содержится перечень оборудования, используемого для забора пробы и формирования из нее навесок для дальнейшего проведения лабораторных исследований. В данный перечень входят: пробоотборники механические и щупы различных конструкций, исключаящие травмирование зерна; весы лабораторные с погрешностью взвешивания не более 0,01 г. по ГОСТ 24104–88; весы с пределом взвешивания до 20 кг по ГОСТ 29329–92; ковши вместимостью не менее 200 см³; делители; планки деревянные; совки; емкости для проб и навесок.

В соответствии с ГОСТ 9353–2016 «Пшеница. Технические условия», в поступившей на элеватор партии зерна пшеницы мягких и твердых сортов определяют следующие показатели: массовую долю белка; количество клейковины; качество клейковины; число падения; стекловидность; натуру; влажность; сорную и зерновую примеси. Значения нормируемых показателей приведены в таблице 1.

Продолжительность проведения лабораторного исследования взятой, из одного транспортного средства, пробы зерна, на соответствие вышеуказанных показателей составляет от 30 минут до 1 часа. Длительность проведения исследований вызвана следующими причинами:

— временем доставки исследуемого образца в лабораторию;

— необходимостью подготовки проб;

— большим количеством ручных операций;

— отсутствием возможности определения нескольких показателей с использованием одного прибора [7–12].

Это приводит к простоем транспортных средств, доставляющих зерно на элеватор.

В основной массе технология исследования качества поступающего на элеваторы зерна не соответствует современным требованиям, поскольку предусматривает использование устаревших методов и оборудования.

Таблица 1.

Показатели качества пшеницы

Table 1.

Wheat quality indicators

Наименование показателя Indicator name	Характеристика и ограничительная норма для мягкой пшеницы класса Characteristics and restrictive norm for soft wheat of the class					Характеристика и ограничительная норма для твердой пшеницы класса Characteristics and restrictive norm for durum wheat of the class				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Массовая доля белка, в пересчете на сухое вещество, %, не менее Mass fraction of protein, in terms of dry matter, %, not less	14,5	13,5	12,0	10,0	Не ограничивается Not limited to	13,5	12,5	11,5	10,0	Не ограничивается Not limited to
Количество клейковины, %, не менее Amount of gluten, %, not less	32,0	28,0	23,0	18,0		28,0	25,0	22,0	18,0	
Качество клейковины, не ниже: группы, ед. ИДК Gluten quality, not lower: groups, IDC units	43–77		18–102			18–102				
Число падения, с, не менее Number of drops, s, not less than	200		150	80		200		150	80	
Стекловидность, %, не менее Vitreous content, %, not less	60		40	Не ограничивается Not limited to		85		70	Не ограничивается Not limited to	
Натура, г/л, не менее Nature, g / l, not less	750		730	710	Не ограничивается Not limited to	770	745		710	Не ограничивается Not limited to
Влажность, %, не более Humidity, %, max	14,0					14,0				
Сорная примесь, %, не более Weed impurity, %, no more:	2,0			5,0		2,0			5,0	
в том числе: including:										
минеральная примесь mineral impurity	0,3			1		0,3			1	
в числе минеральной примеси: галька among the mineral admixture: pebbles	0,1					0,1				
испорченные зерна spoiled grains	1,0					0,2				
Зерновая примесь, %, не более Grain impurity, %, no more	5,0			15,0		5,0			15,0	

Проведенный анализ показывает, методики оценки качества зерна, используемые лабораториями на элеваторах, требуют изменений и корректировок. Причины такого вывода, следующие:

1. Показатели засоренности зерна вычисляются путем определения соотношения веса

примесей, содержащихся в исследуемом образце к весу основной зерновой культуры [13, 14].

Разделение исследуемого объема на примеси и основную культуру осуществляется вручную (путем визуального обнаружения примесей и их извлечения) и с помощью лабораторных сит (решет) с различными формами и

размерами отверстий. Для определения засоренности поступившего зерна используют навеску в 50 г. и на ее основе делают заключение о содержании примесей в партии весом от 20 до 60 тонн.

Используют и анализатор засоренности зерна У1-ЕАЗ, позволяющий без участия человека разделить исследуемый объем (1 кг) зерна на фракции и примеси, а затем путем их взвешивания определить требуемые показатели. Однако данные исследования занимают не менее 30 минут с учетом времени, необходимого на доставку исследуемого образца в лабораторию.

Данный способ определения засоренности зерна, как и ручной не позволяет определить засоренность всей партии исследуемого зернового продукта с высокой степенью достоверности, не говоря о возможности использования полученных данных для управления процессом формирования зерновой партии с заданными показателями.

2. Показатели влажности зерна определяют, взвесив исследуемый объем продукта до и после высушивания. Главный недостаток этого способа заключается в том, что он требует больших временных затрат, на анализ каждого исследуемого образца необходимо от 2 до 3 часов.

Метод Сарториуса является усовершенствованием классического способа определения влажности зерна и для проведения анализа требуется всего 20–30 минут, включая пробоподготовку, однако он менее точен. Метод Сарториуса лег в основу ускоренного метода измерения содержания влаги «НОН-Express», предложенного немецкой компанией «Neckmann control». Этот метод позволяет всего за три-пять минут с высокой точностью определить содержание влаги в зерне, однако требует больших временных затрат, связанных с предварительным автоматическим или ручным взятием образцов для исследования.

Одним из способов уменьшения времени проведения лабораторного анализа поступающего зерна на элеватор, является применение приборов, использующих в своей работе метод БИК-спектроскопии. Приборы, работающие на основе данного метода, нашли свое применение во многих странах мира и используются для оперативного (экспрессного) анализа показателей качества зерна. Практически все зарубежные элеваторы оснащены лабораторными приборами, работающими на принципе спектрального анализа в ближней инфракрасной (БИК) области [15–20].

Инструментальной базой спектрального анализа являются специальные приборы: инфракрасные анализаторы и спектрофотометры.

В мировой практике инфракрасные анализаторы широко используются для анализа качества сельхозпродукции:

- зерна (пшеницы, ячменя, ржи, тритикале);
- масличных культур (рапса, сои, подсолнечника, льна);
- продуктов их переработки (жмыхов и шротов);
- комбикормов;
- сухого молока и т. д.

Современных инфракрасные анализаторы качества зерна позволяют оперативно определять следующие параметры: жир, белок, влажность, клетчатку, крахмал, зольность и т. п.

К достоинствам инфракрасных анализаторов качества зерна можно отнести:

- значительное сокращение времени на проведение анализа;
- существенная экономия энергоресурсов;
- приборы не требуют применения дорогостоящих расходных материалов и химических реактивов;
- менее жесткие требования по специальной подготовке предъявляются к обслуживающему персоналу, производящему измерения (по сравнению с их коллегами, осуществляющими традиционные лабораторные методы анализа).

Для контроля качества зерна метод БИК-спектроскопии введен в число официально принятых во многих странах, вот некоторые из них:

— Метод БИК-спектроскопии определения белка. Метод 39–10, одобренный Американской ассоциацией химиков зерна (ACC approved method 39–10). Область применения – пшеница всех классов;

— Методика анализа зерна и зернопродуктов методом спектроскопии отражения в БИК-области (NIR). Рекомендация ICC № 202 (International Association for Cereal Science and Technology – Международное общество по химии зерна). Область применения – определение белка и влаги в размолотом зерне и зернопродуктах;

— Официальный метод FOSFA. Federation of Oils, Seed and Fat Association – Федерация производителей масел, семян и жиров. Область применения – одновременное определение содержания жира, влаги и летучих веществ, протеина в бобах сои.

В Российской Федерации действуют государственные и межгосударственные стандарты, позволяющие использовать ИК-анализаторы и спектрофотометры для определения ряда показателей:

- ГОСТ Р 50817–95. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения содержания сырого протеина, сырой клетчатки, сырого жира и влаги с применением спектроскопии в ближней инфракрасной области.

- ГОСТ Р 50852–96. Комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения содержания сырой золы, кальция и фосфора с применением спектроскопии в ближней инфракрасной области.

- ГОСТ Р 53600–2009. Семена масличные, жмыхи и шроты. Определение влаги, жира, протеина и клетчатки методом спектроскопии в ближней инфракрасной области.

- ГОСТ 32040–2012. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения содержания сырого протеина, сырой клетчатки, сырого жира и влаги с применением спектроскопии в ближней инфракрасной области.

- ГОСТ 32041–2012. Комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения содержания сырой золы, кальция и фосфора с применением спектроскопии в ближней инфракрасной области.

- ГОСТ 33749–2014. Семена масличные, жмыхи и шроты. Определение влаги, жира, протеина и клетчатки методом спектроскопии в ближней инфракрасной области.

Не смотря на использование инфракрасных анализаторов и спектрофотометров, в качестве лабораторного оборудования, на комбикормовых заводах России, их использование на элеваторах затруднительно, по причине отсутствия нормативных документов, регламентирующих их применение.

Недостатки инфракрасных анализаторов качества зерна:

- отсутствие нормативных документов, позволяющих использовать инфракрасные анализаторы для определения качества зерна;

- временные затраты на доставку исследуемого образца в лабораторию;

- отсутствие возможности использования полученных показателей качества сырья для управления процессом формирования партий зерна с заданными свойствами.

Таким образом можно сделать следующие выводы:

- проводимые на элеваторах исследования по определению физических и химико-биологических показателей зерна являются статичными (не в потоке), требуют больших временных затрат, их значения относительными, так как получаются методом усреднения полученных результатов;

- для формирования однородной зерновой партии, с заданными физическими и химико-биологическими показателями, осуществляется большое количество однотипных лабораторных исследований, в сочетании с технологическими операциями, позволяющими достичь нужного результата;

- применяемые на элеваторах методы лабораторных исследований зерна не позволяют их интегрировать в технический процесс управления современными машинами и аппаратами в «on-line» режиме;

- на элеваторах отсутствует возможность непрерывного определения требуемых физических и химико-биологических показателей зерна, позволяющих принимать решение о дальнейших технологических операциях, выборе необходимых для этого машин и аппаратов и установке на них оптимальных режимов работ.

Заключение

Существующий на элеваторах технологический процесс требует усовершенствования в плане изменения подходов к проведению исследований по определению физических и химико-биологических показателей зерна.

Ведутся работы, направленные на изменение сложившегося технологического процесса на элеваторах, внедрения новых методов определения физических и химико-биологических показателей зерна, путем применения инфракрасных анализаторов и спектрофотометров.

Литература

- 1 Shewayrga H., Sopade P.A., Jordan D.R., Godwin I.D. Characterisation of grain quality in diverse sorghum germplasm using a Rapid Visco- Analyzer and near infrared reflectance spectroscopy // Journal of the Science of Food and Agriculture. 2012. V. 92. №. 7. P. 1402-1410. doi: 10.1002/jsfa.4714
- 2 Assadzadeh S., Walker C.K., McDonald L.S., Maharjan P. et al. Multi-task deep learning of near infrared spectra for improved grain quality trait predictions // Journal of Near Infrared Spectroscopy. 2020. V. 28. №. 5-6. P. 275-286. doi: 10.1177/0967033520939318
- 3 Pojić M., Mastilović J., Majcen N. The application of near infrared spectroscopy in wheat quality control // Infrared Spectroscopy–Life and Biomedical Sciences, Theophanides, T.(ed.), Rijeka, Croatia: Intech Publisher. 2012. P. 167-184.
- 4 Montes J.M., Technow F., Bohlinger B., Becker K. Grain quality determination by means of near infrared spectroscopy in *Jatropha curcas* L // Industrial crops and products. 2013. V. 43. P. 301-305. doi: 10.1016/j.indcrop.2012.06.054
- 5 Manley M., McGoverin C.M., Snyders F., Muller N. et al. Prediction of Triticale Grain Quality Properties, Based on Both Chemical and Indirectly Measured Reference Methods, Using Near- Infrared Spectroscopy // Cereal Chemistry. 2013. V. 90. №. 6. P. 540-545. doi: 10.1094/CCHEM-02-13-0021-R
- 6 ГОСТ Р 13585.3 – 83 Зерно. Правила приемки и методы отбора проб. М.: Стандартиформ, 2009. 12 с.
- 7 Фейденгольд В.Б., Темирбекова С.А. Лабораторное оборудование для контроля качества зерна и продуктов его переработки; 3-е изд., перераб и доп. Москва: ДеЛи плюс, 2014. 247 с.

- 8 Butardo V. M., Sreenivasulu N., Juliano B. O. Improving rice grain quality: State-of-the-art and future prospects // *Rice Grain Quality*. 2019. P. 19-55. doi: 10.1007/978-1-4939-8914-0_2
- 9 Мелешкина Е.П., Методическое и приборное обеспечение современных производственно-технологических лабораторий предприятий хранения и переработки зерна // *Современные методы, средства и нормативы в области оценки качества зерна и зернопродуктов: сборник материалов 13-й Всероссийской научно-практической конференции (06–10 июня 2016 г., г. Анапа)*. КФ ФГБНУ «ВНИИЗ», Анапа, 2016. С. 10–14.
- 10 Мелешкина Е.П. Современные требования к производственно-технологическим лабораториям предприятий хранения и переработки зерна // *Хлебопродукты*. 2012. № 5. С. 42–45
- 11 Вобликов Е.М. *Технология элеваторной промышленности*. 2010. 384 с.
- 12 Злочевский В.Л., Борисов А.П. *Исследование прочностных свойств зерновых материалов*. 2017. 180 с.
- 13 ГОСТ 30483–97 Зерно. Методы определения общего и фракционного содержания сорной и зерновой примесей; содержания мелких зерен и крупности; содержания зерен пшеницы, поврежденных клопом-черепашкой; содержание металломагнитной примеси. М.: Стандартинформ, 2009. 21 с.
- 14 Мелешкина Е.П. Некоторые вопросы определения в зерне вредных примесей, начиная с июля 2018 // *Хлебопродукты*. 2018. № 9. С. 16–17.
- 15 Hernandez-Martinez M., Gallardo-Velazquez T., Osorio-Revilla G. et al. Prediction of total fat, fatty acid composition and nutritional parameters in fish fillets using MID FTIR spectroscopy and chemometrics // *Food Science and Technology*. 2013. V. 52(1). P. 12–20. 26. doi: 10.1016/j.lwt.2013.01.001
- 16 Yuen S.N., Choi S.M., Phillips D.L. et al. Raman and FTIR spectroscopic study of carboxymethylated non-starch polysaccharides // *Food Chemistry*. 2009. V. 114(3). P. 1091–1098. doi: 10.1016/j.foodchem.2008.10.053
- 17 Anjos O., Graca M., Campos P. et al. Application of FTIR-ATR spectroscopy to the quantification of sugarin honey // *Food Chemistry*. 2015. V. 169. P. 218–223. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.07.138
- 18 Buning-Pfaue H. Analysis of water in food by near infrared spectroscopy // *Food Chemistry*. 2003. V. 82(1). P. 107–115. doi: 10.1016/S0308-8146(02)00583-6
- 19 Meng X., Sedman J., Van De Voort F.R. Improving the determination of moisture in edible oils by FTIR spectroscopy using acetonitrile extraction // *Food Chemistry*. 2012. V. 135(2). P. 722–729. doi: 10.1016/j.foodchem.2012.05.008
- 20 Reder M., Koczon P., Wirkowska M. et al. The application of FT-MIR spectroscopy for the evaluation of energy value, fat content, and fatty acid composition in selected organic oat products // *Food Analytical Methods*. 2014. V. 7(3). P. 547–55. doi: 10.1007/s12161-013-9652-2

References

- 1 Shewayrga H., Sopade P.A., Jordan D.R., Godwin I.D. Characterisation of grain quality in diverse sorghum germplasm using a Rapid Visco- Analyzer and near infrared reflectance spectroscopy. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2012. vol. 92. no. 7. pp. 1402-1410. doi: 10.1002/jsfa.4714
- 2 Assadzadeh S., Walker C.K., McDonald L.S., Maharjan P. et al. Multi-task deep learning of near infrared spectra for improved grain quality trait predictions. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*. 2020. vol. 28. no. 5-6. pp. 275-286. doi: 10.1177/0967033520939318
- 3 Pojić M., Mastilović J., Majcen N. The application of near infrared spectroscopy in wheat quality control. *Infrared Spectroscopy—Life and Biomedical Sciences, Theophanides, T.(ed.)*, Rijeka, Croatia: Intech Publisher. 2012. pp. 167-184.
- 4 Montes J.M., Technow F., Bohlinger B., Becker K. Grain quality determination by means of near infrared spectroscopy in *Jatropha curcas* L. *Industrial crops and products*. 2013. vol. 43. pp. 301-305. doi: 10.1016/j.indcrop.2012.06.054
- 5 Manley M., McGoverin C.M., Snyders F., Muller N. et al. Prediction of Triticale Grain Quality Properties, Based on Both Chemical and Indirectly Measured Reference Methods, Using Near- Infrared Spectroscopy. *Cereal Chemistry*. 2013. vol. 90. no. 6. pp. 540-545. doi: 10.1094/CCHEM-02-13-0021-R
- 6 ГОСТ R 13585.3 - 83 Grain. Acceptance rules and sampling methods. Moscow, Standartinform, 2009. 12 p. (in Russian).
- 7 Feidengold V.B., Temirbekova S.A. Laboratory equipment for quality control of grain and grain products. Moscow, DeLi plus, 2014. 247 p. (in Russian).
- 8 Butardo V. M., Sreenivasulu N., Juliano B. O. Improving rice grain quality: State-of-the-art and future prospects. *Rice Grain Quality*. 2019. pp. 19-55. doi: 10.1007/978-1-4939-8914-0_2
- 9 Meleshkina E.P., Methodological and instrumental support of modern production and technological laboratories of grain storage and processing enterprises. Modern methods, means and standards in the field of assessing the quality of grain and grain products: collection of materials of the 13th All-Russian scientific and practical conference (06-10 June 2016, Anapa). KF FGBNU "VNIIZ", Anapa, 2016. pp. 10-14. (in Russian).
- 10 Meleshkina E.P. Modern requirements for production and technological laboratories of grain storage and processing enterprises. *Khleboprodukty*. 2012. no. 5. pp. 42–45. (in Russian).
- 11 Voblikov E.M. Elevator industry technology. 2010. 384 p. (in Russian).
- 12 Zlochevsky V.L., Borisov A.P. Study of the strength properties of grain materials. 2017. 180 p. (in Russian).
- 13 ГОСТ 30483–97 Grain. Methods for determining the total and fractional content of trash and grain impurities; content of small grains and size; the content of wheat grains damaged by a bug-turtle; the content of the metal-magnetic impurity. Moscow, Standartinform, 2009. 21 p. (in Russian).
- 14 Meleshkina E.P. Some issues of determining harmful impurities in grain, starting from July 2018. *Khleboprodukty*. 2018. no. 9. pp. 16-17. (in Russian).
- 15 Hernandez-Martinez M., Gallardo-Velazquez T., Osorio-Revilla G. et al. Prediction of total fat, fatty acid composition and nutritional parameters in fish fillets using MID FTIR spectroscopy and chemometrics. *Food Science and Technology*. 2013. vol. 52(1). pp. 12–20. 26. doi: 10.1016/j.lwt.2013.01.001

16 Yuen S.N., Choi S.M., Phillips D.L. et al. Raman and FTIR spectroscopic study of carboxymethylated non-starch polysaccharides. *Food Chemistry*. 2009. vol. 114(3). pp. 1091–1098. doi: 10.1016/j.foodchem.2008.10.053

17 Anjos O., Graca M., Campos P. et al. Application of FTIR-ATR spectroscopy to the quantification of sugar in honey. *Food Chemistry*. 2015. vol. 169. pp. 218–223. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.07.138

18 Buning-Pfaue H. Analysis of water in food by near infrared spectroscopy. *Food Chemistry*. 2003. vol. 82(1). pp. 107–115. doi: 10.1016/S0308-8146(02)00583-6

19 Meng X., Sedman J., Van De Voort F.R. Improving the determination of moisture in edible oils by FTIR spectroscopy using acetonitrile extraction. *Food Chemistry*. 2012. vol. 135(2). pp. 722–729. doi: 10.1016/j.foodchem.2012.05.008

20 Reder M., Koczon P., Wirkowska M. et al. The application of FT-MIR spectroscopy for the evaluation of energy value, fat content, and fatty acid composition in selected organic oat products. *Food Analytical Methods*. 2014. vol. 7(3). pp. 547–55. doi: 10.1007/s12161-013-9652-2

Сведения об авторах

Александр А. Рындин к.т.н., доцент, кафедра технологии броидильных производств и виноделия, Московский государственный университет пищевых производств, Волоколамское шоссе 11, г. Москва, 125080, Россия, ryndinaa@mgupp.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-6861-9297>

Алла Н. Стрелюхина д.т.н., профессор, кафедра инженерии процессов, аппаратов, холодильной техники и технологий, Московский государственный университет пищевых производств, Волоколамское шоссе 11, г. Москва, 125080, Россия, alstrel@rambler.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-5352-8165>

Юлия А. Сорокина магистр, кафедра управления, организации производства и отраслевой экономики, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, sorokina9101994@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2197-2063>

Вклад авторов

Александр А. Рындин обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провел эксперимент, выполнил расчёты

Алла Н. Стрелюхина обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провела эксперимент, выполнила расчёты

Юлия А. Сорокина консультация в ходе исследования

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Aleksandr A. Ryndin Cand. Sci. (Engin.), associate professor, fermentation and winemaking technology department, Moscow State University of Food Production, Volokolamskoe Highway 11, Moscow, 125080, Russia, ryndinaa@mgupp.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-6861-9297>

Alla N. Streljuhina Dr. Sci. (Engin.), professor, engineering of processes, apparatuses, refrigeration, and technology department, Moscow State University of Food Production, Volokolamskoe Highway 11, Moscow, 125080, Russia, alstrel@rambler.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-5352-8165>

Yulia A. Sorokina master student, management, organization of production and sectoral economics department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, sorokina9101994@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2197-2063>

Contribution

Aleksandr A. Ryndin review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

Alla N. Streljuhina review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

Yulia A. Sorokina consultation during the study

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 23/07/2021	После редакции 10/08/2021	Принята в печать 30/08/2021
Received 23/07/2021	Accepted in revised 10/08/2021	Accepted 30/08/2021