УДК 633.854.78:577:665.12

DOI 10.25230/2412–608X–2018–4–176–58–63

Экспресс-оценка содержания олеиновой и линолевой жирных кислот масла в измельченных семянках подсолнечника с помощью ИК-спектromетрии

С.Г. Ефименко,
кандидат биологических наук
С.К. Ефименко,
кандидат биологических наук

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК
Россия, 350038, г. Краснодар, ул. им. Филатова, д. 17
E-mail: efimenko-km@yandex.ru

Для цитирования: Ефименко С.Г., Ефименко С.К. Экспресс-оценка содержания олеиновой и линолевой жирных кислот масла в измельченных семянках подсолнечника с помощью ИК-спектromетрии // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2018. – Вып. 4 (176). – С. 58–63.

Ключевые слова: подсолнечник, семянка, жирно-кислотный состав масла, ИК-спектromетрия, градуировочная модель.

Цель работы – создание экспресс-метода по определению содержания основных жирных кислот масла в измельченных семянках подсолнечника с помощью ИК-спектromетрии. Исследования проводили в лаборатории биохимии на семянках подсолнечника, выращенных в 2015–2018 гг. на центральной экспериментальной базе и в филиалах ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК. Определение состава жирных кислот масла измельченных семянок подсолнечника осуществляли по ГОСТ Р 51483-99 и ГОСТ Р 51486-99 с применением газового хроматографа «Хроматэк-Кристалл 5000» с автоматическим дозатором на капиллярной колонке SolGelWax 30 м × 0,25 мм × 0,5 мкм в токе газа – носителя гелия со скоростью 25 см/с, с программированием температуры в пределах 185–235 °С. Подготовленные пробы образцов семян измельчали и полученные спектры регистрировали в спектральном диапазоне 3500–12500 см⁻¹ с разрешением 16 см⁻¹, в соответ-

ствии с руководством на ИК-спектromетр MATRIX-I фирмы Bruker Optics (Германия). Спектры каждого образца регистрировались в трех повторностях с пересыпанием в кювете диаметром 51 мм. Отобрано 236 образцов семян подсолнечника с диапазоном варьирования содержания олеиновой кислоты от 11,4 до 92,0 % и линолевой – от 0,8 до 78,5 %. Разработана градуировочная модель по определению содержания олеиновой кислоты в масле с коэффициентом детерминации 99,82 при 11 рангах и среднеквадратичной погрешностью предсказания 1,23 %. По линолевой кислоте коэффициент детерминации составил 99,89 при 10 рангах, а среднеквадратичная ошибка менее 0,9 %. Таким образом, в программе OPUS LAB создан метод «Подсолнечник измельченный» для массового анализа на основе разработанных градуировочных моделей по определению содержания олеиновой и линолевой жирных кислот в масле измельченных семянок подсолнечника в средней пробе (8–22 г) в кювете диаметром 51 мм. Это позволяет оперативно проводить предварительную оценку селекционного материала с высокой скоростью – более 100 образцов за рабочую смену.

UDC 633.854.78:577:665.12

Express-evaluation of oleic and linoleic fatty acids content in oil in milled sunflower kernels by means of IR-spectrometry.

S.G. Efimenko, PhD in biology
S.K. Efimenko, PhD in biology

All-Russian Research Institute of Oil Crops by
Pustovoi V.S. (VNIIMK)
17, Filatova str., Krasnodar, 350038, Russia
E-mail: efimenko-km@yandex.ru

Key words: sunflower, kernel, fatty-acid composition of oil, IR-spectrometry, calibrating model.

The purpose of the work is to create a method for determination of the basic fatty acids in oil in milled sunflower kernels by means of the IR-spectrometry. We conducted our researches in the laboratory of biochemistry with sunflower seeds produced in 2015–2018 on the fields of the All-Russian Research Institute of Oil Crops by Pustovoi V.S. (Krasnodar) and its branches (Krasnodar region). We determined a set of fatty acids in milled kernels due to the State Standards R 51483-99 and R 51486-99 using a gas chromatograph “Chromatec-Kristall 5000” equipped by automatic dispenser on a capillary column SolGelWax 30 m × 0.25 mm × 0.5 mcm in a gaseous fluid current – helium bearer with a speed 25 cm per sec, with a programmed temperature within 185–235 °C. Prepared kernel samples were milled and we registered the obtained spectra in a spec-

trum 3500–12500 cm^{-1} with resolution 16 cm^{-1} , according to the manual for the IR-spectrometer MATRIX-I, produced Bruker Optics (Germany). The spectra of the each sample we registered in three replications, pouring in a cuvette with a diameter 51 mm. we selected 236 sunflower kernel samples with a variation range of oleic acid content from 11.4 to 92.0% and linoleic one – from 0.8 to 78.5%. We developed a calibrating model for determination of oleic acid content in oil with a determination coefficient 99.82 at 11 ranks and standard error of prediction 1.23%. The determination coefficient of linoleic acid was 99.89 at 10 ranks, and standard error – less than 0.9%. Thus, we created a method “Sunflower milled” for wide-scale analysis basing on the developed calibrating models on determination of oleic and linoleic fatty acids in oil of milled sunflower kernels in an average sample (8–22 g) in a cuvette with diameter 51 mm in a program OPUS LAB. This allows conducting operatively a preliminary estimation of breeding germplasm with a high speed – more than 100 samples per a working shift.

Введение. Основная доля мирового производства семян подсолнечника приходится на обычный подсолнечник линолевого типа. При этом в последнее десятилетие, кроме традиционных типов, в ряде стран получили широкое распространение сорта как с повышенным (США), так и высоким (Франция, Испания, Венгрия, Украина и Российская Федерация) содержанием олеиновой кислоты масла. Наряду с этим, наблюдается увеличение мирового потребления высокоолеинового подсолнечного масла.

В России наибольшей популярностью пользуется традиционное подсолнечное масло. Оно обладает рядом технологических недостатков, связанных с особенностями жирно-кислотного состава. В последние годы в производство широко внедряются сорта и гибриды подсолнечника с высоким содержанием олеиновой кислоты в масле. Посевные площади высокоолеинового подсолнечника с каждым годом увеличиваются в связи с повышенным спросом на данный вид продукции.

Содержание олеиновой кислоты в подсолнечнике зависит от разных природных факторов, а также условий выращивания и посевного материала. Так, понижение температуры окружающей среды в период маслообразования и нарушение технологии при возделывании приводят к резкому снижению содержания олеиновой кислоты. Вследствие

чего, на современном этапе высока роль контроля содержания олеиновой кислоты в масле семян подсолнечника на всех стадиях его производства, начиная с качества товарной продукции, её заготовки, хранения и заканчивая переработкой на маслодобывающих предприятиях. Это всё имеет особо важное значение для предприятий, занимающихся селекцией и сортоиспытанием высокоолеиновых сортов и гибридов подсолнечника [1]. В связи с этим авторами в данной работе обсуждается возможность экспресс-анализа содержания олеиновой кислоты в семенах подсолнечника на основе метода ядерно-магнитной релаксации.

Массовая оценка селекционного материала подсолнечника по содержанию олеиновой кислоты проводится в лаборатории биохимии ВНИИМК с помощью газожидкостной хроматографии. Этот метод очень точный, но дорогостоящий и требующий от исполнителей высокой квалификации и токсичных (метилловый спирт) химических реактивов.

Альтернативный метод оценки определения отдельных жирных кислот на современном этапе – использование спектральных приборов нового поколения, которые позволяют значительно удешевить исследования и увеличить производительность труда. Разработаны градуировочные модели для определения содержания олеиновой, линолевой и линоленовой жирных кислот в масле семян рапса для ИК-анализатора MATRIX-I фирмы Bruker Optics (Германия). Погрешность определения содержания искоемых кислот не значительно превышает стандартный метод [2].

Для ИК-спектроскопии в последние годы были разработаны нормативные документы: ГОСТ Р 53600-2009 Семена масличные, жмыхи и шроты. Определение влаги, жира, протеина и клетчатки методом спектроскопии в ближней инфракрасной области [3], введенный с 2010 г., и после уточнения погрешностей определения и дополнения межгосударственный ГОСТ 32749-2014 с тем же названием, введенный с 2015 г. [4].

Однако о возможности использования ИК-спектроскопии для оценки содержания отдельных жирных кислот масла в семенах нормативной документации в открытой печати не найдено.

Поэтому была поставлена задача разработать градуировочные модели на ИК-анализаторе по определению в измельченных семенах

ках подсолнечника содержания олеиновой и линолевой жирных кислот масла.

Цель работы – создание экспресс-метода по определению содержания основных жирных кислот масла в измельченных семенах подсолнечника с помощью ИК-спектрометрии.

Материалы и методы. Исследования проводили в лаборатории биохимии на семенах подсолнечника, выращенных в 2015–2018 гг. на центральной экспериментальной базе и в филиалах ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК.

Полученные семена подвергали тщательной очистке от сорной и масличной примесей. Сформированную пробу (20 г) в алюминиевых бюксах выдерживали в комнатных условиях от 3 до 10 дней. Это связано со стабилизацией семян по влажности и температуре.

Определение состава жирных кислот масла измельченных семян подсолнечника осуществляли по ГОСТ Р 51483-99 [5] и ГОСТ Р 51486-99 [6] с применением газового хроматографа «Хроматэк-Кристалл 5000» с автоматическим дозатором на капиллярной колонке SolGelWax 30 м × 0,25 мм × 0,5 мкм в токе газа – носителя гелия со скоростью 25 см/с, с программированием температуры в пределах 185–235 °С.

Подготовленные пробы образцов семян измельчали в соответствии с ГОСТ 32749-2014 [4] и полученные спектры регистрировали в спектральном диапазоне 3500–12500 см⁻¹ с разрешением 16 см⁻¹, в соответствии с руководством на программное обеспечение (ПО) OPUS ИК-спектрометра MATRIX-I фирмы Bruker Optics (Германия). Спектры каждого образца регистрировали в трех повторностях с пересыпанием в кювете диаметром 51 мм (навеска 20–25 г).

Результаты и обсуждение. Процесс формирования партии образцов для построения модели определения основных жирных кислот в масле семян подсолнечника занял несколько лет. Это связано с тем, что на спектральные данные большое влияние оказывают условия, зона и год выращивания. Этот факт мы выявили при доработке градуировочных моделей по определению содержания олеиновой, линолевой и линоленовой кислот в масле семян рапса [2]. После добавления в градуировочную модель 25–30 образцов нового урожая, погрешность определения значительно снижалась и составляла величину, полученную при начальной разработке.

Поэтому было отобрано 236 образцов семян подсолнечника за три года исследований с максимально возможным диапазоном варьирования содержания олеиновой кислоты – от 11,4 до 92,0 %, что позволило нам разработать устойчивую градуировочную модель, еще и разделив эту партию образцов пополам на калибровочные и тестовые. В результате анализа спектральных данных с помощью метода мультипликативной коррекции рассеяния в диапазоне от 6904 до 5400 см⁻¹ была построена градуировочная модель San_51_C18_1 (рис. 1).

Рисунок 1 – График предсказанных значений содержания олеиновой кислоты в масле подсолнечника (Ось Y) по сравнению с истинными значениями содержания олеиновой кислоты (Ось X) градуировочной модели San_51_C18_1

Данная модель имела относительно невысокий ранг (11) при достаточно высоком коэффициенте детерминации – 99,82. Среднеквадратичная погрешность предсказания (RMSEP) данной модели составила 1,23 %.

Показатель разработанной градуировочной модели RPD (Residual Prediction Deviation – значение остаточного отклонения предсказания для ранга, отображаемого на графике) оценивает устойчивость полученной зависимости. По оценке разработчиков программного обеспечения принято, что величина этого значения в пределах от 4,0 до 5,9 считается «хорошей», от 6,0 до 7,9 – «очень хорошей», а при значении более 10,0 рассматривается «как лучше чем референсный анализ».

Разработанная модель по определению содержания олеиновой кислоты в масле измельченных семян подсолнечника имеет значение RPD 24.

Для испытания градуировочной модели была подобрана и проанализирована проверочная партия семян в том же диапазоне изменчивости признака, что и при разработке искомой зависимости (табл. 1).

Таблица 1

**Сравнительный анализ семян
подсолнечника по определению содержания
олеиновой кислоты в масле**

ЦЭБ ВНИИМК, 2018 г.

№ образ-ца	Содержание олеиновой кислоты, %		Разница, %	
	метод			
	химиче-ский	спектраль-ный	абсолют-ная	относи-тельная
1	90,95	91,81	0,86	0,95
2	89,78	89,53	-0,25	0,28
3	88,79	90,72	1,93	2,17
4	87,42	88,74	1,32	1,51
5	86,17	86,41	0,24	0,28
6	84,26	84,82	0,56	0,66
7	81,86	81,93	0,07	0,09
8	80,67	78,89	-1,78	2,21
9	78,66	78,04	-0,62	0,79
10	72,32	71,76	-0,56	0,77
11	67,12	66,58	-0,54	0,80
12	58,65	57,72	-0,97	1,65
13	41,43	40,71	-0,74	1,79
14	39,44	37,40	-2,04	5,17
15	33,53	35,47	1,94	5,79
16	29,84	30,08	0,24	0,80
17	14,81	17,43	2,62	17,69
18	13,20	12,94	-0,26	1,97
Диа-пазон	13,20–90,95	12,94–91,81	-2,04–2,62	0,09–17,69
Сред-нее	63,27	63,39	0,97	2,52

Среднее значение отклонения определения содержания олеиновой кислоты составляет 0,97 % в абсолютных единицах из 18 проверочных образцов, относительная ошибка при средних значениях показателя превысила 15 % только у одного образца и в среднем составила 2,52 %. Хроматографический метод определения индивидуальных жирных кислот по показателю воспроизводимости допускает погрешность до 3 % абсолютных.

Таким образом, разработанная градуировочная модель San_51_C18_1 соответствует всем параметрам для качественной оценки семян подсолнечника на содержание олеиновой кислоты в масле, а также отличается высокой скоростью – более 100 образцов за рабочую смену. Однако необходимо отметить, что данный вид анализа должен выпол-

няться двумя исследователями: один измельчает, тщательно перемешивает и готовит следующую пробу согласно ГОСТ 32749-2014, а второй проводит определение непосредственно на приборе MATRIX-I фирмы Bruker Optics.

Для повышения точности проводимых оценок по содержанию основных жирных кислот в масле семян подсолнечника необходимо построить также градуировочную модель по определению полиненасыщенной, эссенциальной линолевой кислоты. При сопоставлении содержания этих двух кислот можно выявить явные ошибки, так как их сумма должна быть около 90 %. При разработке данной градуировочной модели придерживались тех же методик и манипуляций, что и для олеиновой кислоты.

Диапазон изменчивости по содержанию линолевой кислоты в 236 образцах семян подсолнечника составил от 0,8 до 78,5 %. На основе разделения образцов на калибровочные и тестовые 50 на 50 калибровочная модель была построена на основании 354 спектров и проверялась независимым тестовым набором образцов.

Лучшая градуировочная модель по всем параметрам San_51_C18_2 представлена на рисунке 2.

**Рисунок 2 – График предсказанных значений
содержания линолевой кислоты в масле под-
солнечника (Ось Y) по сравнению с истин-
ными значениями содержания линолевой
кислоты (Ось X) градуировочной модели
San_51_C18_2**

Коэффициент детерминации составил 99,89 при 10 рангах, а среднеквадратичная ошибка предсказания составила менее 0,9 % при высоком значении RPD – 29,8. Для испытания разработанной модели по определению содержания линолевой кислоты была проана-

лизирована проверочная партия семян в том же диапазоне изменчивости, что и при разработке модели (табл. 2).

Таблица 2

Сравнительный анализ семян подсолнечника по определению содержания линолевой кислоты в масле

ЦЭБ ВНИИМК, 2018 г.

№ об- разца	Содержание линолевой кислоты, %		Разница, %	
	метод		абсолютная	относи- тельная
	химиче- ский	спектраль- ный		
1	1,75	2,64	0,89	50,86
2	2,24	1,35	0,89	39,73
3	4,52	4,73	0,21	4,65
4	4,73	3,77	-0,96	20,30
5	5,09	5,78	0,69	13,56
6	6,71	6,80	0,09	1,34
7	7,95	7,51	-0,44	5,53
8	11,11	11,20	0,09	0,81
9	14,81	14,32	-0,49	3,31
10	18,27	18,41	0,14	0,77
11	19,75	19,74	-0,01	0,05
12	32,72	33,85	1,13	3,45
13	48,74	50,44	1,70	3,49
14	52,66	51,71	-0,95	1,80
15	59,89	60,00	0,11	0,18
16	72,10	72,26	0,16	0,22
17	74,21	74,03	-0,18	0,24
18	75,69	77,63	1,94	2,56
Диа- пазон	1,75–75,69	2,64–77,63	-0,96–1,94	0,05–50,86
Сред- нее	28,50	28,68	0,61	8,49

Так как существует высокая обратная корреляция между содержанием олеиновой и линолевой жирных кислот, то ранжирование образцов проверочной партии получилось от минимума к максимуму естественным образом. В абсолютных значениях ошибка определения единичных образцов колебалась в пределах от -1 до 2 %, однако в относительных единицах при низких значениях искомого показателя составила в одном образце более 50 %. В связи с этим средняя относительная погрешность составила 8,49 %. Среднее значение отклонения определения содержания линолевой кислоты – 0,61 % в абсолютных единицах. Применяя метод трех сигм, погрешность определения в 95 % случаев не должна превышать 2,7 %, что не больше погрешности определения хроматографического метода. Получен достоверный результат экспресс оценки по определению содержания линолевой кислоты.

Полученная зависимость между истинными и прогнозируемыми значениями, рассчитанная по искомой модели для определения содержания линолевой кислоты в масле семян подсол-

нечника, позволяет проводить оценку образцов с максимальной ошибкой менее 3 % в абсолютных единицах, что является сопоставимым с хроматографическим анализом.

Таким образом, получена градуировочная модель San_51_C18_2 по определению содержания линолевой кислоты в масле, позволяющая проводить экспресс-оценку селекционного материала измельченных семян подсолнечника, являющаяся и лучшей моделью по сравнению с другими жирными кислотами.

После получения удовлетворительных значений погрешности определения по искомым жирным кислотам был разработан метод «Подсолнечник измельченный» в программе OPUS LAB для рутинного анализа по одновременно определению содержания олеиновой и линолевой кислот в масле семян подсолнечника. Апробацию разработанного метода провели на 87 образцах отдельных самоопыленных корзинок лаборатории селекции гибридного подсолнечника. После экспресс оценки образцов были отобраны пробы для уточнения и сравнения результатов с составом всех жирных кислот хроматографическим методом (табл. 3).

Таблица 3

Сравнительный анализ семян подсолнечника по содержанию олеиновой и линолевой кислот в масле при определении хроматографическим и ИК-спектрометрическим методами

ЦЭБ ВНИИМК, 2018 г.

Жирная кислота	№ 5	№ 6	№ 24	№ 25	№ 27	№ 64	№ 67
Метод газожидкостной хроматографии							
Пальмитиновая	5,89	6,27	4,64	4,68	3,79	4,14	4,61
Пальмитолеиновая	0,17	0,18	0,16	0,11	0,14	0,10	0,08
Стеариновая	3,84	3,99	3,06	3,81	1,72	3,76	5,44
Олеиновая	48,99	45,96	89,19	76,60	90,95	79,39	76,39
Линолевая	39,05	41,75	0,98	12,81	1,90	10,53	10,79
Линоленовая	0,19	0,10	0,09	0,11	0,07	0,04	0,05
Арахидиновая	0,34	0,35	0,32	0,35	0,19	0,35	0,48
Эйкозеновая	0,24	0,19	0,27	0,26	0,32	0,23	0,20
Бегеновая	0,88	0,84	0,88	0,94	0,56	1,08	1,49
Лигноцериновая	0,41	0,37	0,41	0,33	0,35	0,37	0,47
Метод ИК-спектрометрии							
Олеиновая	48,7 (-0,19)	46,0 (0,04)	91,0 (1,81)	76,9 (0,3)	90,4 (-0,55)	80,7 (1,31)	76,6 (0,21)
Линолевая	38,8 (-0,25)	41,2 (-0,55)	1,0 (0,02)	13,0 (0,19)	1,4 (-0,5)	9,6 (-0,93)	11,6 (0,81)

Сравнительный анализ ИК-спектрометрического с химическим методом показал сходимость результатов с минимальной погрешностью определения в пределах допустимой для хроматографического метода. При этом сравнительный анализ был проведен с минимальными навесками для ИК-спектрометрии с целью сохранения ценного селекционного материала.

Сравнительная характеристика входящих в метод «Подсолнечник измельченный» в программе OPUS LAB для рутинного анализа моделей по одновременному определению содержания олеиновой и линолевой кислоты представлена в таблице 4.

Таблица 4

Характеристика градуировочных моделей по определению олеиновой и линолевой жирных кислот в масле семян подсолнечника для ИК-спектрометрии*

ЦЭБ ВНИИМК, 2018 г.

Компонент	Ранг	R ²	RMSEP	RPD	Пред-обработка	Количество калибровочных спектров, шт.
Олеиновая	11	99,82	1,23	24,0	MSC	636
Линолевая	10	99,89	0,90	29,8	MSC	705

*Примечание – качество хемометрических моделей зависит от выбора правильного числа необходимых факторов, что также называется рангом модели; R² – коэффициент детерминации; RMSEP – среднеквадратичная погрешность предсказания; RPD – значение остаточного отклонения предсказания для ранга, отображаемого на графике; MSC – мультипликативная коррекция рассеяния

Выводы. Таким образом, в программе OPUS LAB создан метод «Подсолнечник измельченный» для массового анализа на основе разработанных градуировочных моделей по определению содержания олеиновой и линолевой жирных кислот в масле измельченных семян подсолнечника в средней пробе (8–22 г) в кювете диаметром 51 мм. Это позволяет оперативно проводить предварительную оценку селекционного материала с высокой скоростью более 100 образцов за рабочую смену.

Список литературы

1. Агафонов О.С., Витюк Б.Я., Гореликова И.А., Ефименко С.Г., Зверев Л.В., Прудников С.М. Высокоолеиновый подсолнечник и современные

методы контроля содержания олеиновой кислоты // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2013. – № 4 (22). – С. 91–94.

2. Ефименко С.Г., Ефименко С.К., Кучеренко Л.А., Нагалева Я.А. Экспресс-оценка содержания основных жирных кислот в масле семян рапса с помощью ИК-спектрометрии // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2015. – Вып. 4 (164). – С. 35–40.

3. ГОСТ Р 53600-2009 Семена масличные, жмыхи и шроты. Определение влаги, жира, протеина и клетчатки методом спектроскопии в ближней инфракрасной области – М.: Стандартинформ. – 2010. – 8 с.

4. ГОСТ 32749-2014 Семена масличные, жмыхи и шроты. Определение влаги, жира, протеина и клетчатки методом спектроскопии в ближней инфракрасной области – М.: Стандартинформ, 2015. – 8 с.

5. ГОСТ Р 51483-99. Масла растительные и жиры животные. Определение методом газовой хроматографии массовой доли метиловых эфиров индивидуальных жирных кислот к их сумме – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. – С. 151–156.

6. ГОСТ Р 51486-99 Масла растительные и жиры животные. Получение метиловых эфиров жирных кислот. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. – С. 170–179.

References

1. Agafonov O.S., Vityuk B.YA., Gorelikova I.A., Efimenko S.G., Zverev L.V., Prudnikov S.M. Vysokooleinovyy podsolnechnik i sovremennyye metody kontrolya soderzhaniya oleinoy kisloty // Pishchevaya promyshlennost': nauka i tekhnologii. – 2013. – № 4 (22). – S. 91–94.

2. Efimenko S.G., Efimenko S.K., Kucherenko L.A., Nagalevskaya YA.A. Ekspress-otsenka soderzhaniya osnovnykh zhirnykh kislot v masle semyan rapsa s pomoshch'yu IK-spektrometrii// Maslichnyye kul'tury. Nauchno-tekhnicheskiy byulleten' Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnykh kul'tur. – 2015. – Vyp. 4 (164). – S. 35–40.

3. GOST R 53600-2009 Semena maslichnyye, zhmykhi i shroty. Opredeleniye vlagi, zhira, proteina i kletchatki metodom spektroskopii v blizhney infrakrasnoy oblasti – M.: Standartinform. – 2010. – 8 s.

4. GOST 32749-2014 Semena maslichnyye, zhmykhi i shroty. Opredeleniye vlagi, zhira, proteina i kletchatki metodom spektroskopii v blizhney infrakrasnoy oblasti – M.: Standartinform, 2015. – 8 s.

5. GOST R 51483-99. Masla rastitel'nyye i zhiry zhivotnyye. Opredeleniye metodom gazovoy khromatografii massovoy doli metilovykh efirov individual'nykh zhirnykh kislot k ikh summe – M.: IPK Izdatel'stvo standartov, 2001. – С. 151–156.

6. GOST R 51486-99 Masla rastitel'nyye i zhiry zhivotnyye. Polucheniye metilovykh efirov zhirnykh kislot. – M.: IPK Izdatel'stvo standartov, 2001. – S. 170–179.

Получено: 26.10.2018 Принято: 06.11.2018

Received: 26.10.2018 Accepted: 06.11.2018