

Применение нового метода оценки качества семян в производственных условиях

Лисицын Александр Николаевич

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт жиров»
Адрес: 191119, г. Санкт-Петербург, ул. Черняховского, д. 10
E-mail: vniig@vniig.org*

Марков Владимир Николаевич

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт жиров»
Адрес: 191119, г. Санкт-Петербург, ул. Черняховского, д. 10
E-mail: vegoils@vniig.org*

Григорьева Валентина Николаевна

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт жиров»
Адрес: 191119, г. Санкт-Петербург, ул. Черняховского, д. 10
E-mail: grigorieva@vniig.org*

Тагиев Шафи Камильевич

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт жиров»
Адрес: 191119, г. Санкт-Петербург, ул. Черняховского, д. 10
E-mail: labvt@vniig.org*

Ефимов Андрей Владимирович

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт жиров» (ВНИИЖиров)
Адрес: 191119, г. Санкт-Петербург, ул. Черняховского, д. 10
E-mail: efimov@vniig.org*

Настоящие исследования проведены для апробации метода оценки качества семян в производственных условиях с целью оценки возможности его использования для сохранности качества заготовленных семян подсолнечника. Ранее нами был предложен новый показатель качества семян как «доля масла, изменившего локализацию», что косвенно может отражать устойчивость масла в семенах к окислительной порче и может служить интегральным показателем качества семян при заготовках и хранении. Предполагалось, что его также можно будет использовать при выведении и испытании новых сортов семян, поскольку он косвенно характеризует прочность тканей ядра семян, связанной с их вызреванием. В данном исследовании произведена оценка качества заготовленных семян на одном из предприятий масложирового комплекса. Осуществлялся отбор проб в верхней и нижней части ячеек в течение пяти месяцев. В пробах определялись показатели окислительной порчи масла в семенах и показатель относительной массовой доли свободного масла. Установлена устойчивая тенденция изменения значений показателя относительной доли свободного масла для верха и низа слоя хранящихся семян. Вверху значения меньше, внизу – больше. Обнаружено явление синхронных колебаний показателей окислительной порчи масла и относительной массовой доли свободного масла в процессе хранения, что следует учитывать при принятии решения о первоочередности переработки семян. Желательно при хранении подсолнечных семян насыпью не применять высокие слои более 10м. Разработанный метод, основанный на определении массовой доли свободного масла и связанных с ним изменениях показателей окислительной порчи масла в семенах, может использоваться для контроля качества семян подсолнечника, также и семян других масличных культур.

Ключевые слова: семена; качество; хранение; высота насыпи; показатели окислительной порчи; метод оценки качества, производственные условия

Введение

Литературный обзор по данному направлению исследований выполнен в предыдущей работе, которая проводилась в лабораторных условиях (Лисицын, Марков, Григорьева, Тагиев, & Ефимов, 2020; Ефимов, Тагиев, & Марков, 2019).

Литературный обзор показал, что вопросами сохранности семян для производства пищевого продукта – растительного масла и жмыхов и шротов, служащих кормом для животных в составе комбикормов, занималось много исследователей. Исследования проводились по применяемым технологиям на различных стадиях общего технологического процесса «поле – перерабатывающий завод»: возделывание, послеуборочная обработка, хранение. Технологии возделывания: (Буклагин & Мишуров, 2020); технологии послеуборочной обработки¹: (Припоров & Лазебник, 2015; Припоров & Шафоростов, 2014; Закиров & Галушина, 2020); технологии хранения: (Алиев, 2020; Мирзоев, 2015; Орлов & Степанова, 2019; Сидельникова, 2021; Хекилаев & Датиева, 2017).

Также работы многих исследователей направлены на получение качественных растительных масел с минимальным содержанием 3-МХПД и глицидиловых эфиров, наличие которых в маслах неразрывно связано с качеством сырья (Лисицын, Григорьева, & Кузнецова, 2019; Лисицын, Григорьева, & Кузнецова, 2014), различными технологическими стадиями переработки масел (Gibon, de Greyt, & Kellens, 2018).

Для получения качественных масел и продуктов из них изучался весь комплекс работ на пути «поле-завод» (Мхитарьянц, Мхитарьянц, & Рожков, 2020)².

Подобного подхода к решению поставленной задачи, как предлагается нами, в рассмотренных источниках информации не обнаружено. В настоящей статье приводятся данные, полученные в производственных условиях, которые во многом повторяют выводы, сделанные на основании проведенных лабораторных исследований.

Теоретическое обоснование

Полное теоретическое обоснование постановки данных исследований приведено в вышеупомянутой работе авторов статьи. Настоящие исследования проведены в производственных условиях с целью проверки разработанного метода оценки качества, также для установления каких-либо отличий в результатах и выводах, полученных в лабораторных и производственных условиях.

Лабораторными исследованиями установлено следующее: при хранении семян в слоях насыпи различной высоты происходит разрушение мембран клеток и сферосом, степень которого зависит от высоты слоя насыпи и доли деолокализованного масла; показатель «массовой доли свободного масла» косвенно может отражать устойчивость масла в семенах к окислительной порче; вид найденных зависимостей изменения показателей окислительной порчи коррелирует с видом кривой изменения показателя; в процессе хранения семян происходит увеличение количества связанных липидов, за счёт сорбционной возможности протеина под воздействием внешних факторов, а количество прочно связанных липидов в процессе хранения по сравнению с исходными семенами уменьшается, что может объясняться их высвобождением при разрушении мембран клеточной и внутриклеточной структур; целесообразно применять хранение семенных масс подсолнечника высотой насыпи 10-20 метров.

В данной статье необходимо кратко пояснить, в чём суть проблемы и как она решается. Проблема состоит в сохранности собранного урожая семян в процессах, происходящих с семенами на пути поле – хранилище. Показателей качества семян, как сырья для получения пищевых и кормовых продуктов много, а показателей оперативного контроля их качества практически нет.

Основа метода состоит в следующем. Масло в созревших, неповреждённых, здоровых семенах защищено от порчи биологически. При повреждении семян по той или иной причине масло получает возможность вытекать в свободное поровое

¹ Старовойтова, К. (2021). Процессы, протекающие в масличных семенах после уборки. URL: <https://pandia.ru/text/80/198/35119.php> (дата обращения: 13.08.2021).

² Мустафаев, С. К., Мхитарьянц, Л. И., & Корнена, Е. П. (2012). Технология отрасли (приёмка, обработка и хранение масличных семян) : Учебник для вузов. СПб.: ГИОРД.

пространство ядра семян и легко подвергается гидролитическим и окислительным изменениям из-за свободного доступа к нему ферментов семян и кислорода воздуха.

В данной статье приведены результаты исследований по влиянию высоты слоя насыпи при хранении семян подсолнечника в хранилищах силосного типа на показатель относительной массовой доли свободного масла и связанных с ним показателями окислительной порчи масла. Подобные исследования позволят дать рекомендации по хранению семян в слое насыпи и установить взаимосвязь между указанными показателями. Установление взаимосвязи позволит не только упростить контроль за качеством хранящегося сырья, но и дать прогноз их сохранности.

Материалы и методы исследования

Материалы

Исследования проводили, в основном, на средне-масличных сортах семян подсолнечника современной селекции.

Оборудование и методы исследования

Для определения массовой доли масла и влаги использовалось оборудование в соответствии с методами определения, изложенными в руководстве Ржехина и Сергеева (1965)³. Для определения массовых долей масла в обезжиренном и необезжиренном образцах для расчета относительного массового содержания свободного масла использовался прибор «Инфраскан 105» 2013 года выпуска.

Процедура исследования

Проанализировано качество заготавливаемых семян. Для этой цели случайной выборкой были отобраны пробы от партий семян, поступающих на производство. В период массовой уборки и заготовки семян подсолнечника их сортовую принадлежность установить не удалось, зачастую, судя по их внешнему виду, на производство поступала смесь различных сортов. Данная производственная смесь семян засыпалась в силосные ячейки хранилища.

Для проведения исследований в соответствии с поставленной целью проверки разработанного

метода оценки качества, также для установления каких-либо отличий в результатах и выводах, полученных в лабораторных и производственных условиях, определили случайной выборкой три силосных ячейки с разной высотой насыпи семян.

Осуществлялся отбор проб в верхней и нижней части ячеек по истечении каждого месяца хранения. Пробы из нижней части силоса отбирались через нижнюю точку выгрузки семян, пробы из верхней части отбирались с помощью пожарного ведра на верёвке из разных зон поверхности насыпи, пробы из середины силоса отбирались при разгрузке силоса через нижнюю точку пересечением потока семян. Перемещение семян в исследуемых ячейках хранилища в период выполнения работы не производилось. Отобранные пробы усреднялись методом диагонального деления. В пробах определялись показатели окислительной порчи масла в семенах и показатель относительной массовой доли свободного масла. Наблюдение и отбор проб проводили с декабря 2020 года по май 2021 года включительно.

Все выбранные для исследования силосные ячейки находились в одних климатических условиях. Температурные изменения внешней среды в период хранения не фиксировались. При ранее проведённых лабораторных исследованиях температура была комнатной и колебалась в пределах (5-7)°C, то есть была практически постоянной.

История семян до поступления их на площадку хранения предприятия не известна, на предприятии семена не проходили сушку, т.к. их влажность соответствовала регламентируемым значениям при закладке на длительное хранение.

Для дополнительной проверки полученных результатов в конце срока наблюдения в одной случайно выбранной ячейке (отличной от выбранных трёх) определили все показатели для верха, середины и низа слоя насыпи при выработке семян в производство из этой ячейки.

По сравнению с предыдущими исследованиями метод усовершенствован. Совершенствование метода на основе определения показателя относительной доли свободного масла лежит в плоскости уменьшения затрат времени на определение данного показателя.

Ранее, для определения показателя мы пользовались стандартными методами определения мас-

³ Ржехина, В. П., Сергеева, А. Г. (1965). Руководство по методам исследования, теххимическому контролю и учету производства в масложировой промышленности (т. 2). Л.: ВНИИЖ.

совых долей масла в растворах, морфологических частях семян, собственно в семенах⁴. Определение массовых долей масла по методу с использованием аппарата Сокслетта занимает продолжительное время, хотя он точный и служит арбитражным методом определения массовых долей масла. Содержание масла в растворах проводилось методом выпаривания, что также занимает достаточно продолжительное время. Возможно сокращение общего времени определения показателя относительной доли свободного масла за счёт определения массовых долей масла в ядре подсолнечных семян с использованием аналитических приборов, основанных на ИК-спектроскопии или ЯМР (Агафонов, Лисовая, Верещагин, & Руснак, 2015).

Определение показателя с использованием аналитических приборов проводится следующим образом.

1. На аналитических весах не ниже второго класса точности берутся две навески ядра подсолнечных семян и на приборе определяется массовая доля влаги V_1 и V_2 в соответствии с общепринятой методикой. Если последующее определение массовой доли масла в необезжиренном и обезжиренном образцах ядра семян делается практически одновременно, то достаточно одного определения массовой доли влаги в ядре, то есть, $V = V_1 = V_2$
2. Берутся две навески ядра P_1 в количестве по 50 г на технических весах, измельчаются и по аналитическому прибору определяются $M_{я}$. Берётся среднее значение из двух параллельных определений и пересчитывается на сухое вещество

$$M_{яс} = M_{я} / (100 - V).$$

3. Берутся две навески ядра P_2 , в количестве по 50 г на технических весах, помещаются в коническую колбу ёмкостью не менее 200 мл с пришлифованной пробкой, обезжириваются растворителем в количестве 100 г путём перемешивания на перемешивающем устройстве, (например, «Лаб. ПУ-01» 2002 г. выпуска) в течение 30 минут при комнатной температуре.
4. Обезжиренная навеска из колбы переносится в керамическую чашку, подсушивается под тягой при перемешивании без нагревания до исчезновения явных признаков наличия свободного растворителя и запаха. Измельчается и по аналитическому прибору определяется

массовая доля масла M_2 . Берётся среднее значение из двух параллельных определений и пересчитывается на сухое вещество $M_{2с}$:

$$M_{2с} = M_2 / (1 - 0,01V)$$

5. «Относительная массовая доля свободного масла» $\delta_{я}$ рассчитывается по формуле:

$$M_{я} = ((M_{яс} - M_{2с}) \times 100) / M_{яс}$$

В соответствии с рекомендациями международного союза теоретической и прикладной химии ИЮПАК; (International Union of Pure and Applied Chemistry - IUPAC) в качестве меры относительной случайной погрешности результатов анализа принято использовать относительное стандартное отклонение, которое определено и рассчитано в соответствии с (Чарыков, 1984). Расчётные данные приведены в Таблице 1. Среднеквадратическое отклонение S (стандартное отклонение) позволяет оценить, насколько полученные значения из множества могут отличаться от среднего значения. Метод анализа оптимален в той области содержаний, в которой и абсолютное (S) и относительное (S_r) стандартные отклонения имеют минимальные значения.

Таблица 1
Данные к расчёту относительной случайной погрешности

n	$\delta_{я}$	$\delta_{яср}$	$(\delta_{я} - \delta_{яср})^2$
1	5,4	4,76	0,4096
2	4,46	4,76	0,090
3	4,24	4,76	0,1296
4	5,08	4,76	0,1024
5	4,62	4,76	0,0196
$\sum (\delta_{я} - \delta_{яср})^2$		0,7512	
S^2		0,1878	
S		0,433	
S_r		0,091	

Для расчета значений величин, входящих в таблицу, пользовались следующими расчетными формулами:

$$\delta_{я} = ((M_{яс} - M_{2с}) \times 100) / M_{яс}$$

$\delta_{яср} = 1/n (\sum \delta_{я})$ - среднее значение относительной доли свободного масла по результатам измерений;

⁴ Там же.

$S^2 = (\Sigma(\delta_{я} - \delta_{я\text{ср}})^2)/(n-1)$ - дисперсия выборочной совокупности, состоящая из «n» значений случайной величины (относительной доли свободного масла);

$S = \sqrt{S^2}$ - среднеквадратичная погрешность (стан-

дартное отклонение);

$S_r = S/\delta_{я\text{ср}}$ - относительная случайная погрешность метода (относительное стандартное отклонение), откуда.

В Таблице 2 представлены принятые в работе условные обозначения физических величин и их понятия.

Таблица 2

Принятые в работе условные обозначения физических величин и их понятия. (Выражаются в долях единицы или %)

Обозначение	Понятие величины
M_0 / M_{0c}	Массовая доля масла в семенах при фактической влажности B_0 и на сухое вещество, соответственно
$M_{я} / M_{яc}$	Массовая доля масла в ядре при фактической влажности $B_{я}$ и на сухое вещество ядра, соответственно
$M_{л} / M_{лc}$	Массовая доля масла в лузге при фактической влажности и на сухое вещество лузги, соответственно
B_0	Массовая доля влаги в семенах. (Принимается по массовой доле влаги при определении массовой доли масла в семенах)
$B_{я}$	Массовая доля влаги в ядре семян. (Принимается по массовой доле влаги при определении массовой доли масла в ядре)
$\delta_{я}$	Относительная массовая доля свободного масла в ядре

Результаты и их обсуждение

Как отмечено выше, заготовка подсолнечных семян осуществлялась предприятием в период массовой уборки и заготовки. Сортную принадлежность семян установить не удалось. Судя по их внешнему виду, на производство поступала смесь различных сортов. История семян на пути поле-завод, то есть, каким технологическим воздействиям до поступления на предприятие они подвергались, не установлена.

Сортная смесь подсолнечных семян, которую использовали в эксперименте, охарактеризована показателями, приведёнными в Таблице 3.

Как видно из данных, приведённых в Таблице 3, производственная смесь семян по размеру состоит, в основном, из крупных, средних семян и смеси крупных и мелких семян. Мелкие семена имеют и более высокое значение показателя относительной массовой доли свободного масла по сравнению со средними и крупными семенами в 2 – 3 раза. Такие семена будут сохранять свои качественные показатели при хранении хуже, чем остальные.

Содержание средних и крупных семян в смеси доминирующее и они в основном будут определять состояние семенной массы по определяемым показателям в ходе выполнения работы.

Сравнение значений показателя относительной массовой доли свободного масла показывает травмируемость семян при уборочных операциях. Высокомасличные семена в большей степени подвержены травматизму.

В Таблицах 4–6 приведены данные, полученные при хранении подсолнечных семян в ячейках хранилища силосного типа при разной высоте насыпи семян. При анализе данных, приведённых в Таблицах 4–6, следует обратить внимание на следующее. Семена, заложенные на хранение в хранилище силосного типа, хранились в течение полугода. За это время семена не перемещались из одного силоса хранилища в другой, хотя подобная технологическая операция предусматривается регламентом хранения. Эти условия приняты чисто для эксперимента, чтобы оценить влияние высоты насыпи хранящихся семян на их качественные показатели.

В Таблице 4 представлены данные по динамике изменения показателей окислительной порчи масла в хранящихся семенах при высоте насыпи 10,4 м. (Пробы из низа слоя).

В Таблице 5 представлена динамика изменения показателей окислительной порчи масла в хранящихся семенах при высоте насыпи 18,25 м. (Пробы из низа слоя).

В Таблице 6 представлена динамика изменения показателей окислительной порчи масла в хранящихся семенах при высоте насыпи 29,0 м. (Пробы из низа слоя).

Данные Таблицы 4 показывают, что высота слоя порядка 10м не оказывает существенного влияния

Таблица 3

Качество заготовленных семян

№ Образца ¹⁾	В _о , %	М _{вс} , %	Сод. протеина сухое в-во, %	Сод. лузги сухое в-во, %	δ _я , %	Примечание
1	4,9	44,4	15,4	35,3	0,30	Крупные семена
2	4,9	44,3	17,2	33,6	0,50	Крупные семена
3	4,2	43,5	16,5	35,8	0,30	Средние семена
4	2,9	54,1	14,8	28,2	2,0	Мелкие семена
5	3,9	41,9	17,1	37,1	1,0	Смесь крупных и мелких семян
6 ²⁾	-	-	-	-	0,35	-

Примечания к Таблице 3:

- 1) – пробы семян отобраны случайной выборкой от заготавливаемой партии. Мелкие семена составляют примерно 10% от массы всех заготовленных семян.
2) – проба семян отобрана с поля путём срезания корзинок растения вместе с семенами.

Таблица 4

Динамика изменения показателей окислительной порчи масла в хранящихся семенах при высоте насыпи 10,4 м. (Пробы из низа слоя)

Высота насыпи, м	Месяц	Перекисное число, ммоль ½ О/кг	Кислотное число, мг КОН /г	δ _я , %
10,4	Декабрь	2,8	1,3	0,30
	Январь	2,9	1,0	0,20
	Февраль	2,3	1,2	0,50
	Март	2,6	1,2	0,20
	Апрель	2,0	1,1	0,30
	Май	2,7	1,2	0,20

Таблица 5

Динамика изменения показателей окислительной порчи масла в хранящихся семенах при высоте насыпи 18,25 м. (Пробы из низа слоя)

Высота насыпи, м	Месяц	Перекисное число, ммоль ½ О/кг	Кислотное число, мг КОН /г	δ _я , %
18,25	Декабрь	-	-	-
	Январь	-	-	-
	Февраль	2,1	1,0	0,20
	Март	1,4	1,0	0,40
	Апрель	2,7	1,2	0,60
	Май	2,0	0,6	0,30

Таблица 6

Динамика изменения показателей окислительной порчи масла в хранящихся семенах при высоте насыпи 29,0 м. (Пробы из низа слоя)

Высота насыпи, м	Месяц	Перекисное число, ммоль ½ О/кг	Кислотное число, мг КОН /г	δ _я , %
29,0	Декабрь	1,5	0,9	0,40
	Январь	1,9	2,3	0,20
	Февраль	1,7	2,8	0,40
	Март	2,1	2,1	0,30
	Апрель	2,0	3,4	0,70
	Май	2,2	3,6	0,80

на показатели окислительной порчи масла семян за весь период хранения. Показатель относительной массовой доли свободного масла также практически не изменяется. Подобные данные были получены нами на модельной системе, имитирующей хранение семян в хранилищах силосного типа в 2019 году. Следует отметить, что заложенные на хранение семена в этом случае имеют изначально достаточно высокие показатели окислительной порчи. Показатель относительной массовой доли свободного масла низкий. Это говорит в пользу того, что семена мало повреждены технологическими воздействиями, предшествующими хранению (уборке, очистке, сушке, транспортированию). Скорее всего, такие показатели окислительной порчи масла семян являются следствием их незрелости, поздней уборки или сорбцией протеином продуктов окислительной порчи, что рассматривается ниже.

На основе анализа данных Таблицы 6 видно, что показатели окислительной порчи масла семян растут, затем уменьшаются, затем снова растут. Например, перекисное число масла в феврале уменьшилось с (1,9 до 1,7) ммоль $\frac{1}{2}$ О/кг, а затем снова начало расти до 2,2 ммоль $\frac{1}{2}$ О/кг в мае. Кислотное число масла семян уменьшилось (с 2,8 в феврале до 2,1 в марте) мг КОН/г, а затем снова выросло до 3,6 мг КОН/г в мае. В марте показатель относительной массовой доли свободного масла понизился с 0,4% в феврале до 0,3%, а затем к маю увеличился до 0,8%. Подобные колебания показателей синхронны и являются следствием двух разнонаправленных процессов: под давлением семенной массы в пустое поровое пространство ядра выделяется масло, где оно окисляется, и показатели растут. Затем, продукты окисления масла связываются протеином и показатели уменьшаются. Похожая динамика прослеживается и при анализе данных Таблицы 5.

Здесь следует отметить, что масло в окисленной форме, которое сорбировал протеин, при проведении процессов маслодобывания переходит в ос-

новной объём добытого продукта и способствует его окислительной порче.

Исходя из вышесказанного, следует заключить, что не следует для хранилищ любого типа, где используется хранение семян насыпью, она должна быть высотой не более 10 метров. Если имеется возможность, то лучше использовать склады напольного хранения или в БИГ-бэгах, а силоса использовать как промежуточные ёмкости краткосрочного хранения.

Значения показателей относительной доли свободного масла для семян из всех силосов, участвующих в эксперименте, высокие при искусственно созданных условиях хранения без осуществления их перемещения и они должны были быть переработаны в январе-феврале.

Отмеченные синхронные колебания показателей окислительной порчи масла и относительной массовой доли свободного масла за изученный период хранения наблюдались один раз. По всей видимости, таких колебаний больше, так как семена заготавливают и засыпают в хранилища в сентябре-ноябре месяцах, а наблюдение за семенами мы начали в декабре. Колебания зависят от температурных условий: окисление масла проходит быстрее при более высоких температурах, а при низких – замедляется. Сорбированные белком окисленные формы масла при охлаждении могут высвобождаться в свободное масло, увеличивая значения показателей окислительной порчи масла.

Чтобы охватить исследованиями большее количество силосов в хранилищах предприятия и проверить установленные тенденции взаимосвязи показателя относительной массовой доли свободного масла и показателями окислительной порчи масла, случайной выборкой были одновременно выбраны силоса и исследованы полученные пробы, взятые в верхней и нижней точке насыпи семян. Полученные данные приведены в Таблице 7.

Таблица 7

Качество хранящихся семян на основе анализа проб, отобранных в точках силосов верх слоя / низ слоя (или усреднённая проба верх, низ)

Условный № образца	Мл/Млс, %	Кислотное число масла в семенах, мгКОН/г	Относительная массовая доля свободного масла, %
1	0,90/1,30	1,3/2,2	0,5/0,8
2	1,10/1,60	0,9/1,9	0,4/0,7
3	0,90/1,30	0,9/1,0	0,6/0,7
4	1,0/1,50	1,0/1,10	0,8/1,0

Анализ данных Таблицы 7 показывает устойчивость тенденции изменения значений показателей. Вверху значения меньше, внизу – больше. Однозначно можно сделать вывод о том, что давление семенной массы, развиваемое внутри неё, негативно сказывается на локализации масла, что приводит к его выделению в свободное поровое пространство и подвергается окислению кислородом воздуха, что ухудшает качество и сроки годности продукции. Аналогичная тенденция подтверждается показателями массовой доли масла в лузге (внизу слоя он выше), кислотным числом масла в семенах (внизу слоя значения показателя также выше).

Настоящий вывод косвенно подтверждается работами: (Демченко, Ключкин, Лобанов, & Щербаков, 1982; Лисицын, Григорьева, & Кузнецова, 2014; Сироцука & Тогами, 1971; Щербаков & Лобанов, 1977; Шорсткий & Кошевой, 2015), – извлечение масла из неразрушенных клеток ядра семян неполярными растворителями практически невозможен; (Платонов & Иванов, 1968; Щербаков & Журавлев, 1975; Щербаков, Ильин, & Журавлёв, 1978), – изменение локализации масла в семенах характеризует степень их разрушения в результате воздействия давления при хранении в слое насыпи.

Конечно, говорить о корреляции показателей окислительной порчи и показателя относительной массовой доли свободного масла на основании

проведённых исследований нельзя. Окислительная порча масла в семенах слишком многофакторный процесс, поэтому уместно говорить только об устойчивой тенденции согласованного изменения этих показателей. То есть, чем выше значение показателя относительной массовой доли свободного масла, тем с большей вероятностью следует ожидать более плохих показателей окислительной порчи масла в семенах.

Найденные тенденции изменения показателей наглядно видны на графической интерпретации данных, полученных при разгрузке семян из силосных ячеек, когда имеется возможность определения показателей и для средних слоёв насыпи семян. Данные приведены на Рисунках 1–3.

Анализ рисунков подтверждает выше приведённые выводы. Наглядно прослеживается устойчивая тенденция согласованного изменения этих показателей независимо от высоты слоя насыпи хранящихся семян. Изменения значений показателей тем выше, чем больше высота насыпи и чем ниже точка отбора пробы из слоя. Имеет место разнокачественность хранящихся семян в хранилищах силосного типа по показателям окислительной порчи в зависимости от глубины слоя, хотя изначально в ячейки силосного хранилища помещали семена одного качества. Лучшие показатели для силоса с высотой слоя насыпи 30м предположительно

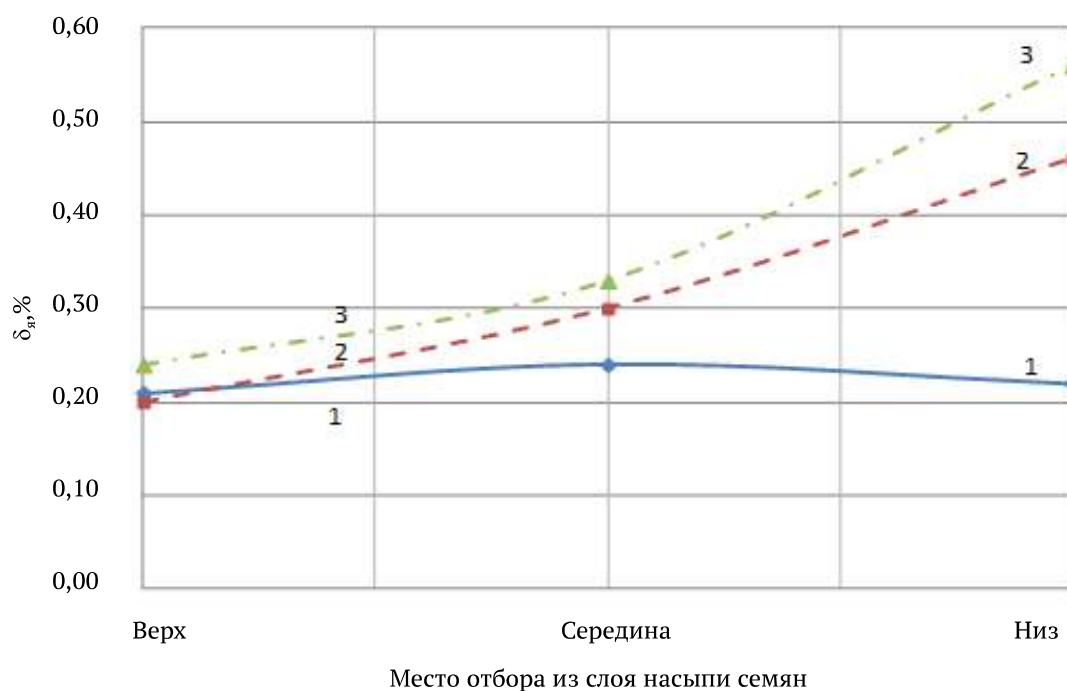


Рисунок 1. Влияние высоты слоя насыпи семян на показатель относительной массовой доли свободного масла в конце срока хранения (сентябрь – май). Высота насыпи: 1 – 20 м; 2 – 26 м; 3 – 30 м.

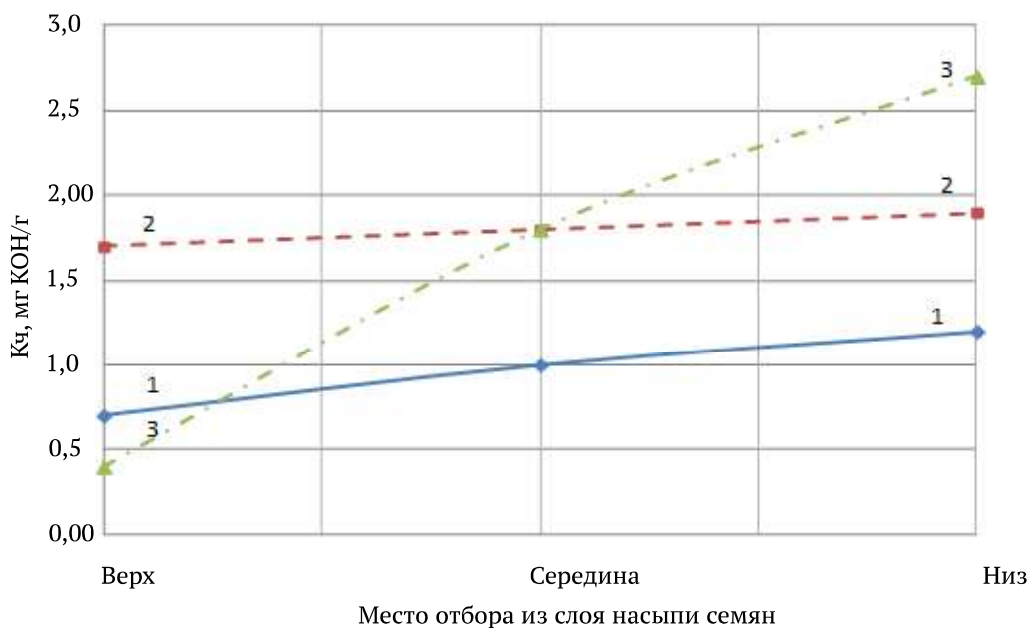


Рисунок 2. Влияние высоты слоя насыпи семян на кислотное число масла в семенах (Кч) в конце срока хранения (сентябрь - май). Высота насыпи: 1 – 20 м; 2 – 26 м; 3 – 30 м

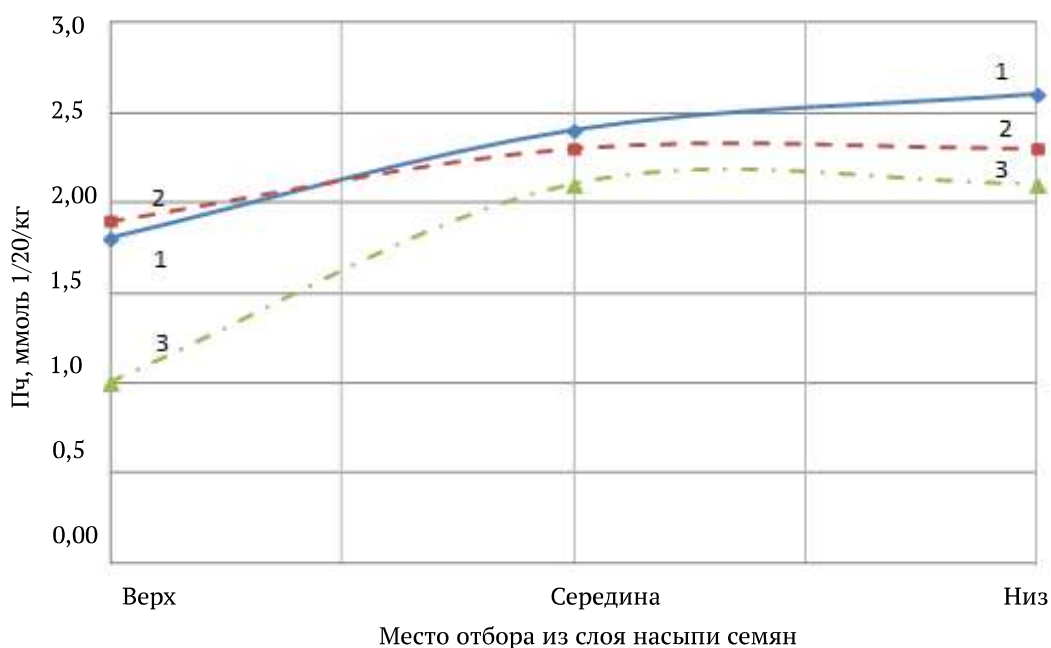


Рисунок 3. Влияние высоты слоя насыпи семян на перекисное число масла в семенах (Пч) в конце срока хранения (сентябрь - май). Высота насыпи: 1 – 20 м; 2 – 26 м; 3 – 30 м

можно объяснить усилением сорбционной способности продуктов окисления протеином с увеличением давления. Показатели улучшаются по номерам кривых в направлении 1 – 2 – 3.

О качестве семян, наряду с показателями окислительной порчи, можно судить по показателю от-

носительной массовой доли свободного масла с учётом найденных колебаний значений показателей в ходе хранения. Технологам хранилищ можно определять значения показателя относительной массовой доли свободного масла для низа слоя хранящихся семян, где изменения более существенные по значению. При обнаружении перво-

го колебания следует производить перемещение низа слоя (условно $\frac{1}{4}$ часть насыпи) в другой силос, желательно в тот, который не полностью опорожнён, для исключения травмирования семян при падении с высоты. При перемещении семян следует применять тихоходные нории с пластмассовыми ковшами. Таким образом, имея наглядную графическую карту изменений по силосам значений показателя относительной массовой доли свободного масла, технолог получает возможность управлять качеством семян при хранении.

Выводы

На основании проведённой работы следует заключить, что разработан новый метод оценки качества хранящихся семян, заключающийся в определении показателя относительной массовой доли свободного масла, который синхронно изменяется с изменениями показателей окислительной порчи масла в семенах при их хранении насыпью.

Обнаружено явление синхронных колебаний показателей окислительной порчи масла и относительной массовой доли свободного масла в процессе хранения. Подобные колебания показателей являются следствием двух разнонаправленных процессов: под давлением семенной массы в пустое поровое пространство выделяется масло, где оно окисляется, и показатели растут. Одновременно, продукты окисления масла связываются протеином, и значения показателя имеют тенденцию к уменьшению. Колебания также зависят от температурных условий: окисление масла проходит быстрее при более высоких температурах, а при низких – замедляется. Сорбированные белком окисленные формы масла при охлаждении могут высвобождаться в свободное масло, увеличивая значения показателей окислительной порчи масла.

Установлена устойчивая тенденция изменения значений показателя относительной доли свободного масла для верха и низа слоя хранящихся семян. Вверху значения меньше, внизу – больше. Однозначно можно сделать вывод о том, что давление семенной массы, развиваемое внутри неё, негативно сказывается на локализации масла, что приводит к его выделению в свободное поровое пространство и подвергается окислению кислородом воздуха, что ухудшает качество и сроки годности продукции. Вывод подтверждается показателями массовой доли масла в лузге (внизу слоя он выше), кислотным числом масла в семе-

нах (внизу слоя значения показателя также выше). Окислительная порча масла в семенах слишком многофакторный процесс, поэтому уместно говорить только об устойчивой тенденции согласованного изменения этих показателей, а не о корреляционной зависимости. То есть, чем выше значение показателя относительной массовой доли свободного масла, тем с большей вероятностью следует ожидать более плохих показателей окислительной порчи масла в семенах, следовательно, такие семена следует перерабатывать первоочередно.

О качестве семян, наряду с показателями окислительной порчи, можно судить по предложенному показателю относительной массовой доли свободного масла с учётом найденных колебаний значений показателей в ходе хранения. Технологам хранилищ можно определять значения показателя относительной массовой доли свободного масла для низа слоя хранящихся семян, где изменения более существенные по значению. При обнаружении первого колебания следует производить перемещение низа слоя (условно $\frac{1}{4}$ часть насыпи) в другой силос, желательно в тот, который не полностью опорожнён, для исключения травмирования семян при падении с высоты. Также рекомендуется при перемещении семян применять тихоходные нории с пластмассовыми ковшами. Таким образом, имея наглядную графическую карту изменений по силосам значений показателя относительной массовой доли свободного масла, технолог получает возможность управлять качеством семян при хранении.

Желательно при хранении семян насыпью не применять высокие слои более 10 м. При постоянном наблюдении за изменением показателей, и, в первую очередь, показателя относительной массовой доли свободного масла, высоту насыпи можно увеличить до 20 м.

Разработанный метод оценки качества заготавливаемых и хранящихся семян по показателю относительной массовой доли свободного масла может быть усовершенствован в части сокращения времени для его определения.

Многочисленными исследованиями предварительно установлено, что для получения подсолнечного масла, удовлетворяющего показателям стандарта, значение показателя относительной массовой доли свободного масла не должно превышать 2%, а значение показателя перекисное число масла - 2,2 ммоль $\frac{1}{2}$ О/кг. Поскольку процесс окислительной порчи масла в семенах при: их вы-

рашивании, агрохимических воздействиях, уборке, послеуборочном дозревании, очистке, сушке, транспортировании, хранении, – многофакторный, точные значения указанных величин установить невозможно, да это и не совсем корректно. Кроме того, сама семянка представляет собой сложную биохимическую систему, что также определяет неоднозначность в определении каких-то реперных значений для контролирования параметров.

Благодарности

Авторы выражают благодарность научным сотрудникам, проводившим аналитические исследования образцов семян: Т.П. Аюковой, И.В. Довгалюк, И.А. Лисицыной, Л.Т. Прохоровой.

Литература

- Агафонов, О. С., Лисовая, Е. В., Верещагин, А. П., & Руснак, Г. В. (2015). Совершенствование способа определения масличности и влажности семян подсолнечника на основе метода ЯМР. *Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – Продукты здорового питания*, 4, 60-63.
- Алиев, Э. (2020). Правильное хранение масличных семян. *Пропозиция*, 1, 1-4.
- Буклагин, Д. С., & Мишуков, Н. П. (2020). Технология возделывания, послеуборочного хранения и переработки подсолнечника. В *Аналитический обзор. Технология возделывания, послеуборочного хранения и переработки подсолнечника, сои и рапса* (с. 120). М.: Росинформмаш.
- Демченко, П. П., Ключкин, В. В., Лобанов, В. Г., & Щербаков, В. Г. (1982). Влияние режимов влаготепловой обработки на локализацию масла в клетках семян подсолнечника. *Масложировая промышленность*, 2, 18-20.
- Ефимов, А. В., Тагиев, Ш. К., & Марков, В. Н. (2019). Модельная система для изучения хранения семян. *Вестник всероссийского научно-исследовательского института жиров*, 1-2, 23-26. <https://doi.org/10.25812/VNIIG.2019.85.87.002>
- Закиров, В. В., & Галушина, П. С. (2020). Послеуборочные процессы в семенах масличных культур. *Молодёжь и наука*, 11(39).
- Лисицын, А. Н., Марков, В. Н., Григорьева, В. Н., Тагиев, Ш. К., & Ефимов, А. В. (2020). Изменение природной локализации масла в семенах как показатель их качества. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 4, 8-21. <https://doi.org/10.36107/spfp.2020.369>
- Лисицын, А. Н., Григорьева, В. Н., & Кузнецова, Н. В. (2019). Сложные эфиры 3-монохлорпропан-1,2-диола и 3 гидроксид 1,2-оксипропанола (глицидола) в жировых продуктах (МХПД). *Вестник ВНИИЖ*, 1-2, 7-12. <https://doi.org/10.25812/VNIIG.2019.84.11.002>
- Лисицын, А. Н., Григорьева, В. Н., & Кузнецова, Н. В. (2014). Хранение и переработка масличных семян. *Вестник Всероссийского научно-исследовательского института жиров*, 2, 16-20.
- Мирзоев, А. А. (2015). Ферментативные процессы при хранении и переработке масличных семян в производстве растительных масел. *Технологические проблемы сервиса*, 2, 31-35.
- Мхитарьянц, Л. А., Мхитарьянц, Г. А., & Рожков, С. А. (2020). Влияние различных факторов при подготовке семян подсолнечника к переработке на гидратируемость фосфолипидов в прессовых и экстракционных маслах: Монография. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет.
- Орлов, Б. Ю., & Степанова, Е. Г. (2019). Эффективные технологии переработки семян масличных культур. *Известия вузов. Пищевая технология*, 4, 8-11. <https://doi.org/10.26297/0579-3009.2019.4.2>
- Платонов, П. Н., & Иванов, Б. М. (1968). Давление зерна в силосах. В *Современные проблемы механики сыпучих материалов* (с. 58-64). М.
- Припоров, И. Е., & Лазебник, Д. В. (2015). Рациональная технология послеуборочной обработки семян подсолнечника. *Научный журнал КубГАУ*, 8, 1-11.
- Припоров, И. Е., & Шафоростов, Д. В. (2014). Технологии послеуборочной обработки семян масличных культур. *Инновации в сельском хозяйстве*, 5, 10-14.
- Сидельникова, Н. А. (2021). Особенности хранения семян подсолнечника. В *Роль науки в удвоении валового регионального продукта: Тезисы докладов XXV Международной научно-производственной конференции* (с. 48-49). Майский: Издательство Белгородский государственный аграрный университет имени В. Я. Горина.
- Сироцука, Т., & Тогами, Т. (1971). Современное состояние экстрагирования жидкостями различных компонентов из твёрдых частиц. *Кагаку Когаку Ронбуншу*, 85(6), 612-618.
- Хекилаев, Ц. А., & Датиева, Б. А. (2017). Влияние сроков уборки, послеуборочной обработки, хранения на качество семян подсолнечника. В *Достижения науки – сельскому хозяйству: Материалы Всероссийской научно-практической конференции* (с. 212-215). Владикавказ: Издательство Горский государственный аграрный университет.

- Чарыков, А. К. *Математическая обработка результатов химического анализа*. Л.: Химия, 1984.
- Шорсткий, И. А., & Кошевой, Е. П. (2015). Экстракция с наложением импульсного электрического поля. *Известия вузов. Пищевая технология*, 4, 40-42.
- Щербаков, В. Г., & Журавлев, А. И. (1975). Об условиях хранения семян подсолнечника в элеваторах силосного типа. *Известия вузов. Пищевая технология*, 1, 55-58.
- Щербаков, В. Г., & Лобанов, В. Г. (1977). Электронномикроскопическое исследование продуктов переработки подсолнечника. *Масложировая промышленность*, 8, 14-16.
- Щербаков, В. Г., Ильин, П. П., & Журавлев, А. И. (1978). Изменение статистических нагрузок в семенной массе подсолнечника. *Известия вузов. Пищевая технология*, 5, 173-174.
- Gibon, V., de Greyt, W., & Kellens, M. (2018). Oil modification: solution or problem for 3-monochloro-1,2-propanediol (3-MCPD) and glycidyl esters (GE) mitigation. *Inform*, 29(3), 14-19. <https://doi.org/10.21748/inform.03.2018.14>

Application of a New Method for Assessing Seed Quality in Production Conditions

Alexander N. Lisitsyn

*All-Russian Research Institute of Fats
10, Chernyakhovskij Street, St.Petersburg, 191119, Russian Federation
E-mail: vniig@vniig.org*

Vladimir N. Markov

*All-Russian Research Institute of Fats
10, Chernyakhovskij Street, St.Petersburg, 191119, Russian Federation
E-mail: vegoils@vniig.org*

Valentina N. Grigorieva

*All-Russian Research Institute of Fats
10, Chernyakhovskij Street, St.Petersburg, 191119, Russian Federation
E-mail: grigorieva@vniig.org*

Shafi K. Tagiev

*All-Russian Research Institute of Fats
10, Chernyakhovskij Street, St.Petersburg, 191119, Russian Federation
E-mail: labvt@vniig.org*

Andrey V. Efimov

*All-Russian Research Institute of Fats
10, Chernyakhovskij Street, St.Petersburg, 191119, Russian Federation
E-mail: efimov@vniig.org*

These studies were carried out to test the method for assessing the quality of seeds in production conditions in order to assess the possibility of using it for the preservation of the quality of harvested sunflower seeds. Previously, we proposed a new indicator of seed quality as “the proportion of oil that changed localization”, which can indirectly reflect the resistance of oil in seeds to oxidative damage and can serve as an integral indicator of seed quality during harvesting and storage. It was assumed that it could also be used in the breeding and testing of new varieties of seeds, since it indirectly characterizes the strength of the tissues of the seed nucleus associated with their ripening. In this study, the quality of harvested seeds was assessed at one of the enterprises of the fat-and-oil complex. Samples were taken at the top and bottom of the cells for five months. In the samples, the indicators of oxidative deterioration of oil in the seeds and the indicator of the relative mass fraction of free oil were determined. A stable tendency was established for the change in the values of the indicator of the relative fraction of free oil for the top and bottom of the layer of stored seeds. The values are lower at the top, and higher at the bottom. The phenomenon of synchronous fluctuations in the indicators of oxidative deterioration of oil and the relative mass fraction of free oil during storage was discovered, which should be taken into account when deciding on the priority of seed processing. It is advisable not to use high layers of more than 10m when storing sunflower seeds in bulk. The developed method, based on the determination of the mass fraction of free oil and the associated changes in the indicators of oxidative deterioration of oil in seeds, can be used to control the quality of sunflower seeds, as well as seeds of other oilseeds.

Keywords: seeds, quality, storage, embankment height, indicators of oxidative deterioration, quality assessment method, production conditions

References

Agafonov, O. S., Lisovaya, E. V., Vereshchagin, A. P., & Rusnak, G. V. (2015). Sovershenstvovanie sposo-

ba opredeleniya maslichnosti i vlazhnosti se-
myan podsolnechnika na osnove metoda YaMR
[Improvement of the method for determining
the oil content and moisture content of sunflow-

- er seeds based on the NMR method]. *Tekhnologii pishchevoi i pererabatyvayushchei promyshlennosti APK – Produkty zdorovogo pitaniya [Technologies of the Food and Processing Industry of the Agro-Industrial Complex - Healthy Food Products]*, 4, 60-63.
- Aliev, E. (2020). Pravil'noe khranenie maslichnykh semyan [Proper storage of oilseeds]. *Propozitsiya [The Proposition]*, 1, 1-4.
- Buklagin, D. S., & Mishurov, N. P. (2020). Tekhnologiya vozdeystviya, posleuborochnogo khraneniya i pererabotki podsolnechnika [Technology of cultivation, post-harvest storage and processing of sunflower]. In *Analiticheskii obzor. Tekhnologiya vozdeystviya, posleuborochnogo khraneniya i pererabotki podsolnechnika, soi i rapsa [Analytical review. Technology of cultivation, post-harvest storage and processing of sunflower, soybeans and rapeseed]* (p. 120). Moscow: Rosinformagrotekh.
- Charykov, A. K. *Matematicheskaya obrabotka rezul'tatov khimicheskogo analiza [Mathematical processing of the results of chemical analysis]*. Leningrad: Khimiya, 1984.
- Demchenko, P. P., Klyuchkin, V. V., Lobanov, V. G., & Shcherbakov, V. G. (1982). Vliyaniye rezhimov vlagoteplovoi obrabotki na lokalizatsiyu masla v kletkakh semyan podsolnechnika [Influence of Moisture-Heat Treatment Regimes on Oil Localization in Sunflower Seeds]. *Maslozhirovaya promyshlennost' [Oil and Fat Industry]*, 2, 18-20.
- Efimov, A. V., Tagiev, Sh. K., & Markov, V. N. (2019). Model'naya sistema dlya izucheniya khraneniya semyan [Model System for Studying Seed Storage]. *Vestnik vserossiiskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta zhirov [Bulletin of the All-Russian Research Institute of Fats]*, 1-2, 23-26. <https://doi.org/10.25812/VNIIG.2019.85.87.002>
- Khekilaev, Ts. A., & Datieva, B. A. (2017). Vliyaniye srokov uborki, po-sleuborochnoi obrabotki, khraneniya na kachestvo semyan podsolnechnika [The influence of the timing of harvesting, post-harvest processing, storage on the quality of sunflower seeds]. In *Dostizheniya nauki – sel'skomu khozyaystvu: Materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii [Achievements of Science - to Agriculture: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference]* (pp. 212-215). Vladikavkaz: Izdatel'stvo Gorskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet.
- Lisitsyn, A. N., Markov, V. N., Grigor'eva, V. N., Tagiev, Sh. K., & Efimov, A. V. (2020). Izmeneniye prirodnoi lokalizatsii masla v semenakh kak pokazatel' ikh kachestva [Changes in the natural localization of oil in seeds as an indicator of their quality]. *Khraneniye i pererabotka sel'khozsyrya [Storage and processing of Farm Products]*, 4, 8-21. <https://doi.org/10.36107/spfp.2020.369>
- Lisitsyn, A. N., Grigor'eva, V. N., & Kuznetsova, N. V. (2019). Slozhnye efiry 3-monokhlorpropan-1,2-diola i 3 gidroksi 1,2-oksipropanola (glitsidola) v zhirovyykh produktakh (MKHPD) [Esters of 3-monochloropropane-1,2-diol and 3 hydroxy 1,2-hydroxypropanol (glycidol) in fatty products (MCPD)]. *Vestnik VNIIZh [Bulletin of the All-Russian Research Institute of Fats]*, 1-2, 7-12. <https://doi.org/10.25812/VNIIG.2019.84.11.002>
- Lisitsyn, A. N., Grigor'eva, V. N., & Kuznetsova, N. V. (2014). Khraneniye i pererabotka maslichnykh semyan [Storage and processing of oilseeds]. *Vestnik Vserossiiskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta zhirov [Bulletin of the All-Russian Research Institute of Fats]*, 2, 16-20.
- Mirzoev, A. A. (2015). Fermentativnye protsessy pri khraneniye i pererabotke maslichnykh semyan v proizvodstve rastitel'nykh masel [Enzymatic processes during storage and processing of oilseeds in the production of vegetable oils]. *Tekhniko-tehnologicheskie problemy servisa [Technical and Technological Problems of Service]*, 2, 31-35.
- Mkhitar'yants, L. A., Mkhitar'yants, G. A., & Rozhkov, S. A. (2020). Vliyaniye razlichnykh faktorov pri podgotovke semyan podsolnechnika k pererabotke na gidratiruemost' fosfolipidov v pressovykh i ekstraktsionnykh maslakh: Monografiya [The influence of various factors in the preparation of sunflower seeds for processing on the hydratability of phospholipids in press and extraction oils: Monograph]. Krasnodar: Kubanskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet.
- Orlov, B. Yu., & Stepanova, E. G. (2019). Effektivnyye tekhnologii pererabotki semyan maslichnykh kul'tur [Effective technologies for processing oilseeds]. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya [Proceedings of universities. Food technology]*, 4, 8-11. <https://doi.org/10.26297/0579-3009.2019.4.2>
- Platonov, P. N., & Ivanov, B. M. (1968). Davleniye zerna v silosakh [Grain pressure in silos]. In *Sovremennyye problemy mekhaniki sypuchikh materialov [Modern problems of mechanics of bulk materials]* (pp. 58-64). Moscow.
- Priporov, I. E., & Lazebnik, D. V. (2015). Ratsional'naya tekhnologiya posleuborochnoi obrabotki semyan podsolnechnika [Rational technology of post-harvest processing of sunflower seeds]. *Nauchnyi zhurnal KubGAU [Scientific Journal of the Kuban State Agrarian University]*, 8, 1-11.
- Priporov, I. E., & Shaforostov, D. V. (2014). Tekhnologii posleuborochnoi obrabotki semyan maslichnykh kul'tur [Post-harvest processing technologies for oilseeds]. *Innovatsii v sel'skom khozyaystve [Agricultural Innovation]*, 5, 10-14.

- Shcherbakov, V. G., & Lobanov, V. G. (1977). Elektronomikroskopicheskoe issledovanie produktov pererabotki podsolnechnika [Electron microscopic study of sunflower processing products]. *Maslozhirovaya promyshlennost'* [Oil and Fat Industry], 8, 14-16.
- Shcherbakov, V. G., & Zhuravlev, A. I. (1975). Ob usloviyakh khraneniya semyan podsolnechnika v elevatorakh silosnogo tipa [On the storage conditions of sunflower seeds in silo type elevators]. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya* [Proceedings of universities. Food technology], 1, 55-58.
- Shcherbakov, V. G., Il'in, P. P., & Zhuravlev, A. I. (1978). Izmenenie statisticheskikh nagruzok v semennoi masse podsolnechnika [Change in statistical loads in sunflower seed mass]. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya* [Proceedings of universities. Food technology], 5, 173-174.
- Shorstkii, I. A., & Koshevoi, E. P. (2015). Ekstraktsiya s nalozheniem impul'snogo elektricheskogo polya [Extraction with superimposed pulsed electric field]. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya* [Proceedings of universities. Food technology], 4, 40-42.
- Sidel'nikova, N. A. (2021). Osobennosti khraneniya semyan podsolnechnika [Features of storage of sunflower seeds]. In *Rol' nauki v udvoenii valovogo regional'nogo produkta: Tezisy dokladov XXV Mezhdunarodnoi nauchno-proizvodstvennoi konferentsii* [The role of science in doubling the gross regional product: Abstracts of the XXV International Scientific and Industrial Conference] (pp. 48-49). Maiskii: Izdatel'stvo Belgorodskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet imeni V. Ya. Gorina.
- Sirotsuka, T., & Togami, T. (1971). Sovremennoe sostoyanie ekstragirovaniya zhidkostyami razlichnykh komponentov iz tverdykh chastits [The current state of the extraction of various components from solid particles by liquids]. *Kagaku Kogaku Ronbunshu* [Science Treatise], 85(6), 612-618.
- Zakirov, V. V., & Galushina, P. S. (2020). Posleurobnochnye protsessy v semenakh maslichnykh kul'tur [Post-harvest processes in oilseeds]. *Molodezh' i nauka* [Youth and Science], 11, Article 39.
- Gibon, V., de Greyt, W., & Kellens, M. (2018). Oil modification: solution or problem for 3-monochloro-1,2-propanediol (3-MCPD) and glycidyl esters (GE) mitigation. *Inform*, 29(3), 14-19. <https://doi.org/10.21748/inform.03.2018.14>