

Изменение природной локализации масла в семенах как показатель их качества

Лисицын Александр Николаевич

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

Марков Владимир Николаевич

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

Григорьева Валентина Николаевна

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

Тагиев Шафи Камильевич

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

Ефимов Андрей Владимирович

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

Качество масличных семян является основной характеристикой, ответственной за качество извлекаемого из них масла. Требования к семенам заложены в соответствующих нормативных документах и методики, определяющие эти показатели, часто не могут оперативно оценить их. В предлагаемой статье приводятся исследования по хранению семян в слоях различной высоты и изменению локализации масла в нативных биозащищенных в сферосомах клеток семян и связанное с этим изменением качество извлекаемого масла. В статье представлена попытка создания универсального показателя для контроля качества семян при их закупке и хранении.

Ключевые слова: семена; качество; хранение; высота насыпи; показатели окислительной порчи; масло, изменившее локализацию

Введение

В последние годы масложировая промышленность столкнулась с неблагоприятными явлениями, происходящими в масличных семенах при

сборе, хранении и переработке. Что связано не только с изменением климатических условий, но и использованием семенного материала не соответствующего зональным климатическим условиям выращивания семян, применяемого сорта,

условиям сбора урожая и их хранения, уборке после применения десикантов и изменением физико-химических свойств семян.

Нашими исследованиями установлено, что от различного рода внешних воздействий меняется природная локализация масла, находящегося во внутриклеточном пространстве, оно вытекает в межклеточное пространство и может быть извлечено растворителями (Лисицын, Григорьева, Кузнецова, 2014, с. 16; Лисицын, Марков, Григорьева, Аюкова, Довгалюк, Лисицына, 2019, с. 31).

В незрелых семенах содержится масло неполного синтеза не локализованного в сферосомах и находящегося во внутриклеточном пространстве пор и капилляров, что влияет на качество извлекаемого из таких семян масла

Представляется важным определить, существует ли зависимость между количеством масла, изменившего локализацию, и его меняющимися показателями окислительной порчи при хранении семян продолжительное время и собственно продолжительностью их хранения (Близняк, 1973, с. 6–8). При наличии такой зависимости возможно с некоторой степенью достоверности прогнозировать срок хранения этих семян, основываясь на количественном определении масла, изменившего локализацию.

Тем более, что в настоящее время широко используются семена масличных культур с измененным биохимическим составом по содержанию жирных кислот, белка, антипитательных веществ и т.д. Вышеуказанные задачи требуют всестороннего изучения семян масличных культур с целью установления не только их состава и технологических свойств, но и возможных сфер их использования. Фокус на качественных характеристиках семян, составе и количественном содержании входящих в них компонентов, актуализируют необходимость исследований свойств новых сортов маслосодержащих семян.

Теоретическое обоснование

Масличные семена представляют собой сложную многокомпонентную структуру, ядро которых состоит из белковых глобул, сферосом, содержащих масло и большого количества пор и капилляров, по которым поступают вода и питательные вещества. Сферосомы в свою очередь окружены мембраной, выполняющей роль биологической защиты масла от различных внешних воздействий.

Ядро семени окружено покровными тканями, защищающими его от различных воздействий окружающей среды, травмирования при уборке, транспортировке, хранении и т.д. (Кудинов, 1968; Ключкин, 1958, с. 9–11; Мелехина, Лобанов, 1994, с. 23–24; Шербаков, Лобанов, 1974, с. 145–147).

Плодовая оболочка (лузга) состоит из полисахаридов, протопектина и целлюлозы и сцементирована пектином. При последующем развитии растения она утолщается, становится механически более прочной за счет обогащения лигнином, кутинизации, опробковения и ослизнения. Все это приводит к одревеснению оболочки.

Одревеснение оболочки повышает ее механическую прочность и уменьшает проницаемость для воды, кислорода и других газов. В результате с усилением механической прочности оболочки и соответственно усиливаются и ее защитные свойства (Щербаков, Лобанов, 2012, с. 41–42.).

Плодовая оболочка играет важную роль в сохранении стойкости семян к нежелательным воздействиям факторов окружающей среды и повышению их реакции на воздействие технологических факторов (Ключкин, 1958, с. 9–11).

В настоящее время селекцией созданы сорта подсолнечника, с более высоким содержанием масла в семенах, которое привело к уменьшению их лузжистости за счет снижения толщины покровных тканей, что в свою очередь снизило прочность покровных тканей (лузга). Лузжистость семян снизилась в среднем на 20%, масличность семян повысилась на 14–15% (Щербаков, Лобанов, 2012 с. 235–238), данные приведены в Таблице 1. Так, при масличности семян порядка 60%, масличность ядра достигает 75%, а лузжистость при этом снижается до 16–18%. Поверхностный слой лузги высокомасличных семян более тонкий (Лишкевич, Репина, 1957, с. 23–24; Шарков, Добун, 1955, с. 43–56).

Предполагается, что защитный слой семян при лузжистости 20% еще достаточно устойчив к внешним воздействиям и сохраняет свое основное назначение, но при дальнейшем понижении лузжистости он уже не может служить защитой от вредного воздействия окружающей среды, поэтому дальнейшее снижение лузжистости нежелательно (Мелехина, 1994; Щербаков, Лобанов, 2012, с. 232–238).

Из-за изменения свойств плодовой оболочки изменилась и способность семян сопротивлять-

Таблица 1
Масличность и лужистость семян разных сортов

Показатели	Традиционный сорт А-41	Высокомасличный сорт «Передовик»
Масличность, %:		
ядро	59,6	64,3
семена	37,6	52,4
лужистость, %	39,6	19,9

Источник: Щербаков В.Г., Лобанов В.Г. Биохимия и товароведение масличного сырья. М.: Колос, 2012. 392 с.

ся различным технологическим воздействиям и сохранять качество масла, содержащегося в них

Одновременно с этим изменился химический состав масла, его компонентов и лужги (Щербаков, Лобанов, 2012, с. 235–238). Семена современных селекционных сортов отличаются от традиционных по жирнокислотному составу в сторону увеличения содержания в них олеиновой и снижения содержания линолевой кислот. Изменился компонентный состав токоферолов и других сопутствующих веществ семени. В лужге содержится больше углеводов, нет токоферолов, много каротиноидов. В лужге высокомасличных семян на 3–4% содержится меньше целлюлозы и на 2–3% больше лигнина. Различия в химическом составе лужги высокомасличных и низкомасличных сортов семян связаны с морфологическими особенностями. Лужга низкомасличных семян толще, чем у высокомасличных сортов, содержит пучки волокнистого слоя, у них почти незаметна семенная оболочка. Все это обуславливает ее большую прочность, чем у высокомасличных семян.

Таким образом в результате селекции получены масличные растения с другим биохимическим составом, со сниженной прочностью плодовой оболочки и уплотненными тканями, с более плотным прилеганием лужги к ядру и сниженным ее содержанием, не всегда районированным вегетационным периодом.

Плодовая оболочка играет важную роль в сохранении стойкости семян к нежелательным воздействиям факторов окружающей среды и повышению их реакции на воздействие технологических факторов (Ключкин, 1958, с. 9–11).

Хранение семян является важным технологическим приемом, обеспечивающим при дальнейшей переработке качественные показатели вырабатываемой продукции. Как правило, семена хранят насыпью в буртах или элеваторах, в которых в зависимости от высоты слоя развиваются статические и динамические усилия. Исследования показали, что нагрузки, возникающие в элеваторах силосного типа, могут приводить к повреждению плодовых оболочек (лужги) семян подсолнечника (Платонов, Иванов, 1969, с. 58–64; Щербаков, Журавлев, 1975, с. 55–58; Щербаков, Ильин, Журавлев, 1976, с. 173, 174).

В настоящее время при заготовке семян для последующего хранения и переработки руководствуются стандартом ГОСТ 22391–2015¹ Подсолнечник. Технические условия. Согласно требованиям этого стандарта семена делятся на 3 класса, для каждого из которых установлены требования к качеству по соответствию их показателям массовых долей масла, влаги, различных примесей и окисленности (перекисное и кислотное числа). В качестве оперативного контроля предусматривается органолептическая оценка по соответствию их цвета и запаха. Но на практике возникают проблемы при закладке на хранение и хранении, несмотря на соответствующие ГОСТу органолептические показатели; низкое кислотное число, низкое содержание, стандартная массовая доля влаги – семена имеют низкую хранимость, может начаться самонагревание (Гаманченко, Щербаков, 1994, с. 21–22).

В стандарте и Техническом регламенте таможенного союза ТР ТС 015/2011 «О безопасности зерна»², ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции»³ предусмотрены все показатели, определяющие выпуск качественной безопасной про-

¹ ГОСТ 22391–2015 Подсолнечник. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2019. 6 с.

² ТР ТС 015/2011. О безопасности зерна [Электронный ресурс]. U.L. <http://docs.cntd.ru/document/902320395> (дата обращения: 10.10.2020).

³ ТР ТС 021/2011. О безопасности пищевой продукции [Электронный ресурс]. U.L. <http://docs.cntd.ru/document/902320560> (дата обращения: 10.09.2020).

дукции – растительного масла. В этих документах не учтена история семян при их выращивании, хранении и последующей передаче на переработку. Семена могли быть подвергнуты десикации, и степень их зрелости не соответствует необходимой.

Растению не хватало вегетационного периода на выполнение биохимических процессов для созревания из-за плохих погодных условий или возможно из-за посева нерайонированных сортов или семена были травмированы в процессе уборки, транспортирования и закладки на хранение (Лисицын, Григорьева, Кузнецова, 2014, с. 16–20; Романова, Сазыкина, 1967, с. 5–21; Романова, Сазыкина, 1961, с. 52–64).

Недозрелость семян – это причина незавершенности биосинтеза в семенах, что приводит к образованию моно- и диглицеролов, промежуточных соединений белка и веществ липидной природы с олигосахарами, невыполненности клеточных стенок и мембран органелл клеток ядра.

Изучению процесса хранения семян масличных культур

Изучению процесса хранения семян масличных культур, особенно семян подсолнечника, исследователями уделялось много внимания (Близняк, 1973, с. 6–8; Бородулина, Попов, Снесарь, 1985, с. 25–27; Копейковский, Костенко, 1963, с. 14–18; Лисицын, Марков, Григорьева и др., 2019, с. 31–33; Лобанов, 1999, 60 с.; Романова, Сазыкина, 1959, с. 5–17; Щербаков, Журавлева, Лобанов, 1974, с. 5–19; Щербаков, Надыкта, 1974, с. 19–21; Щербаков, Шаззо, Лобанов, 2002)

Было установлено, что при хранении масличных семян под воздействием различного рода внешних факторов возможно нарушение их плодовой оболочки и ядра, и масло, находящееся в нем, меняет свою локализацию, вытекая в межклеточное пространство (капилляры и поры) под воздействием капиллярных сил, теряет при этом свою биозащищенность и легко подвергается гидролитическим и окислительным изменениям из-за свободного доступа к нему ферментов семян и кислорода воздуха.

В незрелых семенах из-за незавершенности синтеза находится частично не локализованное в сферосомах масло, которое содержит свободные жирные кислоты, моно- и диглицерины, окисляющиеся в первую очередь, и эти изменения приводят к снижению качества такого масла из-за повышения содержания в нем продуктов окисления и гидролиза (перекисное, кислотное, анизидиновое числа).

При последующем маслодобывании это масло смешивается с маслом, не менявшим свою локализацию, и в результате качество всего получаемого масла снижается. Продукты окисления масла взаимодействуют с протеином жмыхов и шротов, что ухудшает их кормовую ценность.

Поэтому важным является изучение этого явления при хранении семян. Изменение локализации масла в семенах характеризует степень их разрушения в результате воздействия давления при хранении в слое насыпи (Платонов, Иванов, 1969, с. 58–59; Щербаков, Журавлев, 1975, с. 55–58; Щербаков, Ильин, Журавлев, 1978, с. 173, 174).

Необходимость оценки доли масла, изменившего локализацию, определяющего качество конечного продукта, очевидна: из не подвергнутого деструктивным изменениям ядра семян и собственно семян извлечение свободного масла экстрагированием неполярными растворителями практически не происходит и оно находится в биологически защищенном состоянии (Демченко, Ключкин, Лобанов, Щербаков, 1982, с. 18–20; Лисицын, Григорьева, Кузнецова, 2014, с. 16–20; Сироцука Тогама, 1971, с. 612–618; Щербаков, Лобанов 1977, с. 14–16; Шорсткий, Кошевой, 2015, с. 40–42).

В данной статье мы приводим результаты исследований по влиянию высоты слоя насыпи на изменение локализации масла. Требовалось установить, существует ли зависимость между давлением (высотой слоя насыпи), продолжительностью хранения и изменением показателем окислительной порчи. Установление такой зависимости даст возможность с определенной степенью достоверности прогнозировать сроки хранения семян, гарантирующие выработку качественной, конкурентоспособной продукции.

Материалы и методы исследования

Материалы

Исследования проводили на высокомасличных сортах семян подсолнечника современной селекции с масличностью 50% и более.

Оборудование

Для имитации модельной системы хранения семян в силосах были созданы три установки (Ефимов, Тагиев, Марков, 2019, с. 23–26).

Расчетные значения давления массы семян на различных высотах, считая от верха насыпи, составили:

- 20 м – 0,088 МПа;
- 30 м – 0,13 МПа;
- 40 м – 0,18 МПа.

Методы исследования

Исследования проводили на семенах подсолнечника с использованием указанной модельной системы, где соблюдались одинаковые условия хранения с изменяющейся величиной давления семенной массы в слоях.

Семена хранили в течение 185 дней с отбором проб через 30, 60, 105 и 185 дней. В семенах определяли показатели, приведенные в Таблице 3. Также определяли $\delta_{я}$ свободного масла, изменившего локализацию.

Масло, изменившее локализацию, экстрагировали углеводородным растворителем.

Общее содержание масла определяли, по методикам, опубликованным в руководстве по методам исследования, технoхимическому контролю и учету производства в масложировой промышленности⁴. Продукты окисления, связанные и прочно связанные липиды, влажность, перекисное, кислотное числа также определяли по методикам, опубликованным в выше описанном Руководстве.⁵

Относительную долю масла, изменившего локализацию (неструктурированного), рассчитывали по формулам:

$$\delta_{я} = \frac{m_{ияс} \cdot Y_0 (1 - 0,01B_{я})}{100M_0} \text{ или } \delta_{я} = \frac{m_{ияс} \cdot Y_{0с}}{100M_{яс}}$$

Обработку результатов исследований проводили с применением статистического метода, определяя средние значения вычисляемой величины на основе не менее 3-х повторных определений.

Принятые в работе условные обозначения приведены в Таблице 2.

Таблица 2

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

Обозначение	Понятие величины
$M_0 / M_{0с}$	Массовая доля масла в семенах при фактической массовой доле влаги B_0 и на сухое вещество семян, соответственно
$M_n / M_{нс}$	Массовая доля масла в лузге при фактической массовой доле влаги B_n и на сухое вещество лузги, соответственно
$M_{я} / M_{яс}$	Массовая доля масла в ядре при фактической массовой доле влаги $B_{я}$ и на сухое вещество ядра, 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)
B_n	Массовая доля влаги в лузге семян. (Принимается по массовой доле влаги при определении массовой доли масла в лузге)
$L_0 / L_{0с}$	Массовая доля лузги в семенах при фактической массовой доле влаги B_n и сухой лузги, соответственно
$Y_0 / Y_{0с}$	Массовая доля ядра в семенах при фактической массовой доле влаги $B_{я}$ и сухого ядра, соответственно
$m_{ияс} / m_{ияс}$	Массовая доля масла, изменившего локализацию, по отношению к ядру семян при фактической массовой доле влаги $B_{я}$ и на сухое вещество ядра, соответственно
$\delta_{я}$	Относительная доля масла, изменившего локализацию, по отношению ко всему маслу, содержащемуся в семенах

⁴ Руководство по методам исследования, технoхимическому контролю и учету производства в масложировой промышленности / под ред. В.П. Ржехина, А.Г. Сергеева. Л., 1967. Т. 1. 585 с.

⁵ Руководство по методам исследования, технoхимическому контролю и учету производства в масложировой промышленности / под ред. В.П. Ржехина, А.Г. Сергеева. Л., 1967. Т. 2. 1024 с.

Результаты и их обсуждение

Основные результаты исследований приведены в Таблицах 3–5 и на Рисунках 1–3.

Анализ данных об изменении качества хранящихся семян за принятые отрезки времени периода хранения, приведенных в Таблице 3, показал, что их значения мало изменились.

Аналитические исследования масла в семенах при их хранении (Таблица 4) установили изменения

значений показателей. Кислотное число активно увеличивается в течение 60 дней хранения, величина которого тем выше, чем выше высота насыпи хранения семян

Данные Таблицы 4 показывают, что показатели окислительной порчи, относительного содержания свободного масла по значениям отличаются от исходных показателей.

Масло, высвобождаясь, получает возможность перетекать под действием капиллярных сил и таким

Таблица 3

Данные аналитических исследований по определению значений показателей семян при их хранении в модельных условиях. Значения средние по трём высотам (0; 20; 30; 40) м от 0 до 185 дней хранения

Обозначение	Размерность	Суммарный срок хранения семян, дни				
		Исходные	30	60	105	185
M_0 / M_{0c}	%	46,28/48,47	–	–	–	46,51/48,79
M_n / M_{nc}	%	3,70/4,02	–	–	–	2,88/3,11
M_y / M_{yc}	%	61,22/63,43	–	–	–	61,14/63,44
V_0^*	%	4,51	4,30	4,20	4,40	4,67
V_n^*	%	3,49	3,30	3,20	3,30	3,63
V_l^*	%	7,81	–	–	–	7,49
L_0 / L_{0c}	%	25,08/23,20	26,0/24,14	26,08/24,25	26,08/24,12	26,25/24,28
Y_0 / Y_{0c}	%	74,90/72,29	74,0/71,56	73,92/71,55	73,92/71,48	73,76/71,08

*Примечание: массовая доля влаги принята по значению, найденному в измельчённом продукте, при определении массовой доли масла в конкретном продукте.

Таблица 4

Данные аналитических исследований по определению значений показателей масла, полученного из семян при их хранении в модельных условиях

Показатели	Размерность	Суммарный срок хранения семян, дни												
		Исходные		30			60			105			185	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Высота	м	0	20	30	40	20	30	40	20	30	40	20	30	40
слоя насыпи														
Кислотное число	мг К.Н.г	0,30	0,43	0,86	0,85	1,02	0,94	0,97	1,04	0,96	0,98	1,14	0,97	1,05
Перекисное число	мэкв акт. O ₂ /кг	2,93	2,93	4,03	4,01	4,00	4,40	4,20	3,25	4,00	3,61	3,29	3,68	3,31
Влага ядра	%	3,49		3,30			3,17			3,30				3,65
Сод. неструктурированных липидов, $m_{ин}$	%	2,03	3,26	2,85	3,29	3,72	4,00	3,55	3,16	3,22	3,70	2,31	3,15	3,35
Сод. неструктурированных липидов, $m_{ис}$	%	2,10	3,37	2,95	3,40	3,87	4,17	3,70	3,28	3,33	3,81	2,39	3,27	3,47
δ_y		3,20/												
0 дн./185дн.	%		5,20	4,60	5,30	6,00	6,40	5,70	5,10	5,10	5,90	2,68	3,66	3,89
Для исходных семян		3,35												

образом менять природную локализацию. В результате этого происходит увеличение показателя δ_a «Относительная доля масла, изменившего локализацию, или свободного масла»

Перекисное число масла в течение 60 дней хранения также увеличивается с высотой насыпи. Начиная со 105 дня хранения, его величина уменьшается, что, вероятно, связано с образованием связанных липидов путем сорбции протеином окисленных форм масла.

В Таблице 5 приведены данные по изменению содержания связанных форм липидов при хранении подсолнечных семян, связанные / прочно связанные,%, для начала и конца экспериментального хранения, а также по высоте насыпи семян в конце хранения (185 дней). Анализ показал, что количество связанных форм липидов в конце хранения по сравнению с началом хранения, судя по ядру, увеличилось, (на 0,84%) в то время как количество прочно связанных липидов, судя по ядру, уменьшилось (на 0,4%). Но, если количество связанных липидов увеличилось примерно на 0,8%, а количество прочносвязанных липидов примерно уменьшилось лишь на 0,4%, следовательно, основной прирост связанных липидов произошел за счет сорбции протеином свободных липидов и в первую очередь, их окисленных форм.

Уменьшение количества прочно связанных липидов в конце хранения по сравнению с их содержанием в исходных семенах гипотетически можно объяснить разрушением межклеточных мембран и мембран сферосом, так как эти липиды входят в их структуру (Щербаков, Лобанов, 2012, 392 с.; Голдовский, 1958, 446 с.).

Если сравнивать содержание связанных и прочносвязанных липидов (Таблица 5), содержащих-

ся в семенах или их составляющих (ядро + лузга) в конце хранения, то общая тенденция изменения значений показателей идёт в сторону снижения с ростом высоты насыпи хранящихся семян. Это изменение является следствием увеличения нагрузки на семена с увеличением высоты слоя их хранения, что подтверждает выше сказанное предположение о разрушении мембран. Разрушение мембран может зависеть также от сортовой особенности семян, степени их зрелости.

Изменение показателей при хранении семян с различной моделируемой высотой насыпи, свойственной элеватору силосного типа (глубина залегания хранящегося слоя семян) приводится также в графической интерпретации данных.

На Рисунке 1 приведены кривые изменения показателя «перекисное число масла», количественно характеризующего образование первичных продуктов окисления масла. Вид зависимостей до 60 дней хранения коррелирует с кривыми роста кислотного числа (Рисунок 2), характеризующего количество образовавшихся свободных жирных кислот, отщепившихся от молекул триацилглицеролов и в первую очередь подверженных процессу окисления. Оценки кривых, соответствующих давлениям 20, 30, 40 метрам хранения и без давления (0 метров высоты насыпи семян) вытекает следующее: кривая увеличения показателя при хранении без приложения давления расположена значительно ниже кривых хранения семян под давлением, соответствующим слоям 30 и 40 метров и почти совпадает с кривой, соответствующей 20 метрам хранения, кроме экстремального значения на кривой, соответствующей слою 20 м хранения. Такой вид зависимостей объясним, поскольку, чем больше количество свободных жирных кислот в масле, поменявшем природную локализацию (рост кислотного числа), тем, соот-

Таблица 5

Изменение количества связанных форм липидов при хранении подсолнечных семян. Связанные / Прочно связанные, % (на сухое вещество)

Хронология изучения проб	Исходные семена, 0 м	Высота 20 м	Высота 30 м	Высота 40 м
03. 2019				
Семена	2,41/0,32	-	-	-
Ядро	3,29/0,67			
лузга	0,26/0,05			
10. 2019				
Семена	3,30/0,31	3,21/0,32	3,11/0,35	2,65/0,22
Ядро	4,13/0,37	4,14/0,36	4,07/0,43	3,37/0,23
лузга	0,79/0,13	0,40/0,20	0,23/0,13	0,46/0,21

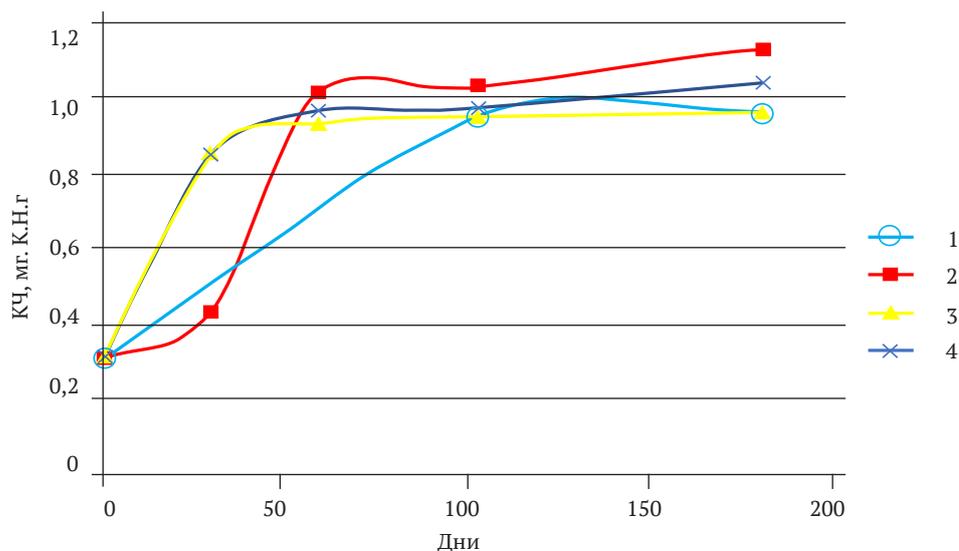


Рисунок 1. Изменение перекисного числа масла (Пч, мэкв. O_2 /кг) в семенах подсолнечника при их хранении в зависимости от высоты насыпи семян в хранилище и времени хранения. Кривые: 1 – 0 м; 2 – 20 м; 3 – 30 м; 4 – 40 м

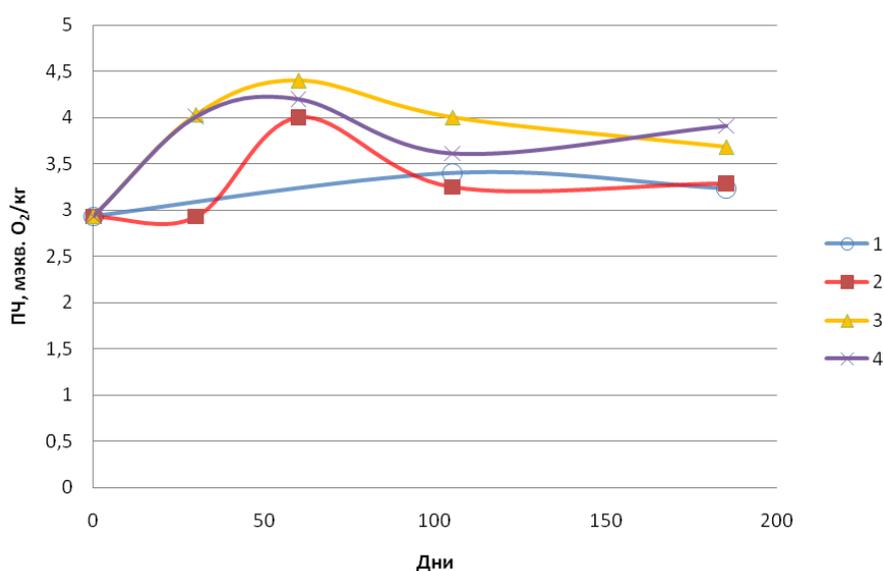


Рисунок 2. Изменение кислотного числа масла (КЧ мг. К.Н.г) в семенах подсолнечника при их хранении в зависимости от высоты насыпи семян в хранилище и времени хранения. Кривые: 1 – 0 м; 2 – 20 м; 3 – 30 м; 4 – 40 м.

ответственно, больше рост показателя «перекисное число» в таком масле и во всём масле в целом, извлекаемом из семян для определения этих показателей. Вместе с тем, следует обратить внимание на ход изменения данного показателя после 60-ти дневного периода хранения. Вид кривых показывает, что значение показателя «перекисное число масла» уменьшается. Из чего следует, что количество окисленных форм масла, содержащегося в нём, уменьшается. Это явление можно объяснить сорбционным свойством протеина, который об-

разует с окисленными формами слабую связь, по типу водородной.

На Рисунке 2 представлено изменение показателя «кислотное число масла» в хранящихся семенах. Вид зависимостей практически одинаковый для всех моделируемых высот. На 60-й день хранения рост кислотного числа сильно замедляется. Кривая изменения кислотного числа в семенах, хранившихся без наложения давления, показывает более медленный темп ро-

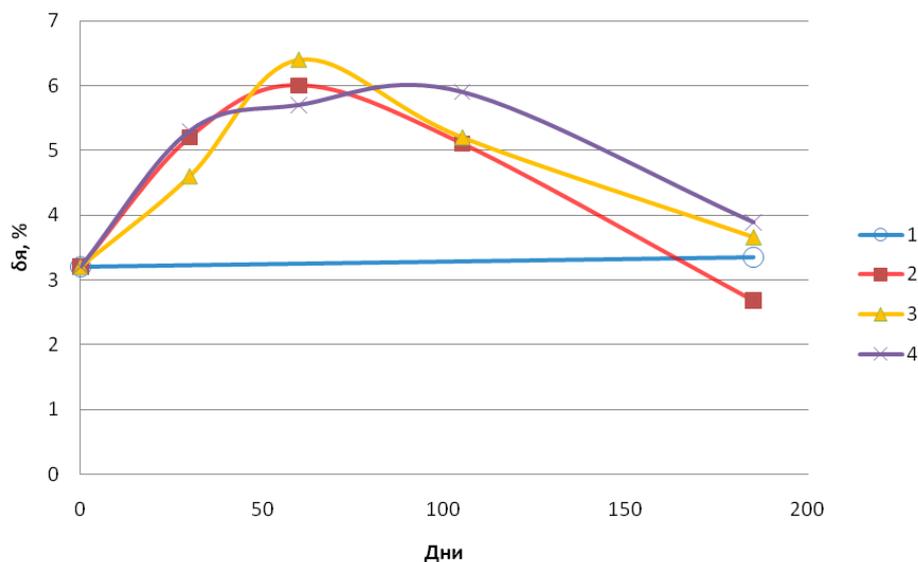


Рисунок 3. Изменение относительного содержания масла, изменившего природную локализацию (δ_n %), в семенах подсолнечника при их хранении в зависимости от высоты насыпи семян в хранилище и времени хранения. Кривые: 1 – 0 м; 2 – 20 м; 3 – 30 м; 4 – 40 м.

ста показателя. Такой характер этого явления можно объяснить тем, что в слоях, хранящихся под давлением вышерасположенной семенной массы, происходит дополнительное выделение масла из разрушенных клеток ядра семян, что увеличивает возможность его окисления, по сравнению с маслом в неразрушенных нативных клетках. Окисление масла в хранящихся семенах под насыпью 30 м и 40 м (быстрый темп набора показателя кислотное число) завершается через 30 дней хранения, экстремум значений показателя достигается в районе 50 дней хранения. Повышение значения показателя для семян, хранящихся без давления, наблюдается примерно до 120 дней хранения, затем идёт снижение по причине аналогичной снижению показателя «перекисное число масла». Следовательно, судя по изменению показателя «кислотное число масла», семена следует хранить при высоте насыпи 10–20 метров.

На Рисунке 3 представлены зависимости изменения показателя относительной доли масла, изменившего локализацию (неструктурированного), по отношению ко всему маслу, содержащемуся в семенах – δ_n . Исходя из физического смысла, этот показатель показывает, какая доля масла от его общего количества содержащегося в ядре семян, изменила природную локализацию и вытекла из разрушенных клеток ядра семян. В перспективе, именно эта доля масла подвергнется, в первую очередь, окислительной порче и будет способствовать окислению всего извлечённого масла в процессе хранения и маслодобывания.

Общий вид зависимостей показывает рост значений этого показателя за указанный период хранения. Следует отметить его быстрый рост в течение 30-ти дней хранения, а затем темп изменения значительно замедляется и затем снижается, затем идёт снижение значения показателя. Хранение семян без создания давления их насыпью не приводит к значительному росту показателя. Следовательно, давление, развиваемое слоем насыпи семян, способствует делокализации масла внутри ядра семян. Что интересно, для 20 и 30 метров слоя насыпи хранения семян наблюдается рост значения показателя до 60-ти дней хранения (экстремумы зависимостей), а затем – снижение. Для 40 метров слоя насыпи хранения экстремум зависимости наблюдается примерно при 110 днях хранения. Снижение значения показателя можно объяснить сорбционными свойствами протеина Два процесса: вытекание свободного масла и поглощение его протеином, в первую очередь, окисленных форм, – разно направленные, одновременно протекающие процессы. Доминирование одного физико-химического процесса над другим и определяет значения определяемых показателей и форму зависимости. Экстремумы значений показателей на Рисунках 1 и 2 совпадают с экстремумами зависимостей на Рисунке 3. Это соответствует максимальному выделению масла и соответственно максимальному его окислению. Затем процессы окисления замедляются, так как меньше поступает нового субстрата для окисления. Снижение показателя на Рисунке 3 после экстремального значения, по-видимому, объясняется худшей растворимостью окисленных и сорбиро-

ванных форм масла при проведении аналитического исследования. Это подтверждается также показателями связанные и прочно связанные липиды (см. Таблицу 5). При исследовании вид растворителя, время экстрагирования, температура растворителя, темп перемешивания постоянны.

Оксисленные и сорбированные протеином формы масла на последующих этапах процесса маслодобывания частично переходят в извлекаемое масло. В экстракционном масле их содержание будет больше, чем в прессовом, так как глубина извлечения при экстракционном способе выше, чем при прессовом.

В настоящее время нами продолжаются исследования в данном направлении.

Выводы

В результате проведенных исследований установлено:

- при хранении семян в слоях насыпи различной высоты происходит разрушение мембран клеток и сферосом, степень которого зависит от высоты слоя насыпи и доли децентрализованного масла;
- показатель «доля масла, изменившего локализацию» косвенно может отражать устойчивость масла в семенах к окислительной порче. С увеличением высоты слоя хранения семян значение показателя увеличивается. Долю этого масла следует рассчитывать по отношению к массе масла, содержащегося в ядре семян или семенах вообще, а не к массе семян, что обеспечивает объективность сравнения для различных семян.
- вид найденных зависимостей изменения показателей окислительной порчи коррелирует с видом кривой изменения показателя «доля масла, изменившего локализацию» в процессе хранения семян;
- в процессе хранения семян происходит увеличение количества связанных липидов. Это явление можно объяснить сорбированием окисленных форм масла, изменившего природную локализацию, протеином под воздействием внешних факторов. 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 ме-

тров с учётом особенностей морфологического состава семени и строения клеточной структуры ядра. Для уменьшения давления, развиваемого верхними слоями хранящихся семян, следует в первую очередь перерабатывать нижние слои семян в силосных банка;

- рассматриваемый в статье новый показатель может служить интегральным показателем качества семян при заготовках и хранении. Предполагаем, 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. При продвижении посевов подсолнечника на север актуально уменьшение сроков вегетации. Работы по выведению таких новых сортов уже ведутся в России (Вислобокова, Мустафин, Мазурина, Иванов, 2017, с. 20–26).

Благодарности

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

Литература

- Близняк Г.И., Щербаков В.Г., Малышев А.М. Изменение кислотного числа масла семян подсолнечника в зависимости от условий и длительности хранения // *Масложировая промышленность*. 1973. № 3. с. 6–8.
- Бородулина А.А., Попов П.С., Снесарь Э.В. Изменение качества масла у различных сортов подсолнечника в процессе хранения семян // *Масличные культуры*. 1985. № 87. с. 25–27.
- Вислобокова Л.Н., Мустафин И.И., Мазурина З.И., Иванов С.В. О селекции подсолнечника в Тамбовском Н.И.Х // *Масличные культуры*. 2017. № 2(170). с. 20–26.
- Гаманченко А.И., Щербаков В.Г. Биохимические изменения в семенах подсолнечника различных типов при потере жизнеспособности // *Известия ВУЗов. Пищевая технология*. 1994. № 1–2. с. 21–22.
- Голдовский А.М. Теоретические основы производства растительных масел. М.: Пищепромиздат, 1958. 446 с.
- Давление сыпучих материалов в силосах. М.: Госкомиздат, 1969, 68 с.
- Давление сыпучих материалов в силосах и бункерах / сост. А.М. Курочкин. М., 1969. 70 с. (Элеваторная, мукомольно-крупяная и комбикормовая промышленность).

- Демченко П.П., Ключкин В.В., Лобанов В.Г., Щербаков В.Г. Влияние режимов влаготепловой обработки на локализацию масла в клетках семян подсолнечника // Масложировая промышленность. 1982. № 2. С. 18–20.
- Ефимов А.В., Тагиев Ш.К., Марков В.Н. Модельная система для изучения хранения семян // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института жиров. 2019. № 1–2. С. 23–26. <https://doi.org/10.25812/VNIIG.2019.85.87.002>
- Ключкин В.В. Прочность плодовых оболочек высокомасличных семян подсолнечника // Масложировая промышленность. 1958. № 2. С. 14–16.
- Копейковский В.М., Костенко В.К. Влияние жизнеспособности семян высокомасличного подсолнечника на их качество при хранении // Известия вузов. Пищевая технология. 1963. № 5. с. 14–18.
- Кудинов П.И. Исследование формирования плодовой оболочки высокомасличных семян подсолнечника в связи с условиями их переработки в производстве растительных масел: автореф. на соиск. ученой степ. канд. техн. Краснодар, 1968. 25 с.
- Лисицын А.Н., Марков В.Н., Григорьева В.Н., Аюкова Т.П., Довгалюк И.В., Лисицына И.А. К вопросу оперативного контроля качества масличных семян // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института жиров. 2019. № 1–2. С. 31–33. <https://doi.org/10.25812/VNIIG.2019.61.86.021>
- Лисицын А.Н., Григорьева В.Н., Кузнецова Н.В. Хранение и переработка масличных семян // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института жиров. 2014. № 2. С. 16–20.
- Лишкевич М.И., Репина Т.С. Химический состав лузги подсолнечника // Масложировая промышленность. 1957. № 9. С. 23–24.
- Лобанов В.Г. Изучение основы технологии хранения и переработки подсолнечника: дис. ... д-ра техн. наук. М., 1999. 60 с.
- Мелехина О.В., Лобанов В.Г. Влияние липидов покровных тканей на характер процессов в семенах подсолнечника при самосогревании // Известия вузов. Пищевая технология. 1994. № 1–2. с. 23–24.
- Мелехина О.В. Влияние биологических особенностей покровных тканей семян подсолнечника на изменение их качества при хранении: автореф. на соиск. ученой степ. канд. техн. Краснодар, 1994. 22 с.
- Платонов П.Н., Иванов Б.М. Давление зерна в силосах // Современные проблемы механики сыпучих материалов. М, 1968. с. 58–64.
- Романова Л.В., Сазыкина Н.А. Сравнительное изучение семян подсолнечника высокомасличных сортов в связи с вопросами их хранения // Труды ВНИИЖ. 1959. Вып. 19. с. 5–17.
- Романова Л.В. Сравнительное изучение особенностей масличных культур, влияющих на их хранение // Труды ВНИИЖ. 1967. Вып. 24. с. 5–21.
- Романова Л.В., Сазыкина Н.А. Влияние различных компонентов семенной массы на её стойкость при хранении // Труды ВНИИЖ. 1961. Вып. 22. с. 52–64.
- Руководство по методам исследования, технико-химическому контролю и учету производства в масложировой промышленности / под ред. В.П. Ржехина, А.Г. Сергеева. Л., 1967. Т. 1. 585 с.
- Руководство по методам исследования, технико-химическому контролю и учету производства в масложировой промышленности / под ред. В.П. Ржехина, А.Г. Сергеева. Л., 1967. Т. 2. 1024 с.
- Сироцука Т., Тогами Т. Современное состояние экстрагирования жидкостями Различных компонентов из твёрдых частиц // Кагакукогаку. 1971. Т. 85, № 6. с. 612–618.
- Шарков В.И., Добун А.А. К вопросу о химическом составе подсолнечной лузги // Гидролизная и лесохимическая промышленность. 1955. № 3. с. 43–56.
- Щербаков В.Г., Лобанов В.Г. Биохимия и товароведение масличного сырья. М.: Колос, 2012. 392 с.
- Щербаков В.Г., Журавлева А.И., Лобанов В.Г. Жизнеспособность и качество семян подсолнечника при хранении // Известия вузов. Пищевая технология. 1974. № 5. С. 15–19.
- Щербаков В.Г., Надыкта В.Д. Жизнеспособность семян и антирадикальная активность липидов подсолнечника при хранении // Известия вузов. Пищевая технология. 1974. № 4. С. 19–21.
- Щербаков В.Г., Ильин П.П., Журавлев А.И. Изменение статистических нагрузок в семенной массе подсолнечника // Известия вузов. Пищевая технология. 1978. № 5. С. 173–174.
- Щербаков В.Г., Лобанов В.Г. Локализация липидов в тканях семян подсолнечника // Известия вузов. Пищевая технология. 1974. № 3. С. 145–147.
- Щербаков В.Г., Кудинов П.И. Плодовая оболочка высокомасличных подсолнечных семян // Известия вузов. Пищевая технология. 1967. № 1. С. 18–20.
- Щербаков В.Г., Журавлев А.И. Об условиях хранения семян подсолнечника в элеваторах силосного типа // Известия вузов. Пищевая технология. 1975. № 1. с. 55–58.
- Щербаков В.Г., Шазо А.Ю., Лобанов В.Г. Теоретические основы хранения и переработки семян подсолнечника. М.: Колос, 2002. 596 с.
- Щербаков В.Г., Лобанов В.Г. Электронномикроскопическое исследование продуктов переработки подсолнечника // Масложировая промышленность. 1977. № 8. с. 14–16.
- Шорсткий И.А., Кошевой Е.П. Экстракция с наложением импульсного электрического поля // Известия вузов. Пищевая технология. 2015. № 4. С. 40–42.

Changing the Natural Localization of Oil in Seeds as an Indicator of Their Quality

Alexander N. Lisitsyn

*Federal State Budgetary Scientific Institution
“The All Russian Scientific-Research Institute of Fats”
10, Chernyachovskogo street, St.Petersburg, 191119
E-mail: vniig@vniig.org*

Vladimir N. Markov

*Federal State Budgetary Scientific Institution
“The All Russian Scientific-Research Institute of Fats”
10, Chernyachovskogo street, St.Petersburg, 191119
E-mail: vniig@vniig.org*

Valentina N. Grigorjeva

*Federal State Budgetary Scientific Institution
“The All Russian Scientific-Research Institute of Fats”
10, Chernyachovskogo street, St.Petersburg, 191119
E-mail: vniig@vniig.org*

Shafi K.T.giev

*Federal State Budgetary Scientific Institution
“The All Russian Scientific-Research Institute of Fats”
10, Chernyachovskogo street, St.Petersburg, 191119
E-mail: vniig@vniig.org*

Andrey V. Efimov

*Federal State Budgetary Scientific Institution
“The All Russian Scientific-Research Institute of Fats”
10, Chernyachovskogo street, St.Petersburg, 191119
E-mail: vniig@vniig.org*

The quality of the oilseeds is the main characteristic responsible for the quality of the oil extracted from them. The requirements for seeds are laid down in the relevant regulatory documents and the methods that determine these indicators often cannot quickly assess them. This article presents studies on the storage of seeds in layers of different heights and changes in the localization of oil in native seed cells bioprotected in spherosomes and the quality of the extracted oil associated with this change. The article presents an attempt to create a universal indicator for controlling the quality of seeds during their purchase and storage.

Keywords: seeds; quality; storage; embankment height; indicators of oxidative deterioration; localized oil

References

- Bliznyak G.I., Shcherbakov V.G., Malyshev A.M. *Izmenenie kislotnogo chisla masla semyan podsolnechnika v zavisimosti ot uslovii i dlitel'nosti khraneniya* [Change in the acid number of sunflower seed oil depending on the conditions and duration of storage]. *Maslozhirovaya promyshlennost'* [Oil and fat industry], 1973, no. 3, pp. 6–8.
- Borodulina A.A., Popov P.S., Snesar' E.V. *Izmenenie kachestva masla u razlichnykh sortov podsolnechnika v protsesse khraneniya semyan* [Changes in the quality of oil in different varieties of sunflower during storage of seeds].

- Maslichnye kul'tury* [Oilseeds], 1985, no. 87, pp. 25–27.
- Vislobokova L.N., Mustafin I.I., Mazurina Z.I., Ivanov S.V. O selektsii podsolnechnika v Tambovskom N.I.Kh [On sunflower breeding at the Tambov Research Institute of Agriculture]. *Maslichnye kul'tury* [Oilseeds], 2017, no. 2(170), pp. 20–26.
- Gamanchenko A.I., Shcherbakov V.G. Biokhimicheskie izmeneniya v semenakh podsolnechnika razlichnykh tipov pri potere zhiznesposobnosti [Biochemical changes in sunflower seeds of various types with loss of viability]. *Izvestiya V.Z.v Pishchevaya tekhnologiya* [University news Food technology], 1994, no. 1–2, pp. 21–22.
- Goldovskii A.M. Teoreticheskie osnovy proizvodstva rastitel'nykh masel [Theoretical foundations for the production of vegetable oils]. Moscow: Pishchepromizdat, 1958. 446 p.
- Davlenie sypuchikh materialov v silosakh [Pressure of bulk materials in silos]. Moscow: Goskomizdat, 1969. 68 p.
- Davlenie sypuchikh materialov v silosakh i bunkerakh [Pressure of bulk materials in silos and bins]. Moscow, 1969. 70 p.
- Demchenko P.P., Klyuchkin V.V., Lobanov V.G., Shcherbakov V.G. Vliyanie 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], 1982, no. 2, pp. 18–20.
- Efimov A.V., Tagiev Sh.K., Markov V.N. 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]. 2019, no. 1–2, pp. 23–26. <https://doi.org/10.25812/VNIIG.2019.85.87.002>
- Klyuchkin V.V. Prochnost' plodovykh obolochek vysokomaslichnykh semyan podsolnechnika [Strength of fruit shells of high-oil sunflower seeds]. *Maslozhirovaya promyshlennost'* [Oil and fat industry], 1958, no. 2, pp. 14–16.
- Kopeikovskii V.M., Kostenko V.K. Vliyanie zhiznesposobnosti semyan vysokomaslichnogo podsolnechnika na ikh kachestvo pri khranении [Influence of the viability of high-oil sunflower seeds on their quality during storage]. *Izvestiya vuzov Pishchevaya tekhnologiya* [University news Food technology], 1963, no. 5, pp. 14–18.
- Kudinov P.I. Issledovanie formirovaniya plodovoi obolochki vysokomaslichnykh semyan podsolnechnika v svyazi s usloviyami ikh pererabotki v proizvodstve rastitel'nykh masel. Avtoref. diss. kand. tekhn. nauk. [Study of the formation of the fruit shell of high-oil sunflower seeds in connection with the conditions of their processing in the production of vegetable oils. Abstract of Ph.D. (Technical) thesis]. Krasnodar, 1968. 25 p.
- Lisitsyn A.N., Markov V.N., Grigor'eva V.N., Ayukova T.P., Dovgalyuk I.V., Lisitsyna I.A. K voprosu operativnogo kontrolya kachestva maslichnykh semyan [On the issue of operational quality control of oilseeds]. *Vestnik Vserossiiskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta zhirov*. [Bulletin of the all-russian research institute of fats], 2019, no. 1–2, pp. 31–33. <https://doi.org/10.25812/VNIIG.2019.61.86.021>
- Lisitsyn A.N., Grigor'eva V.N., Kuznetsova N.V. Khranenie i pererabotka maslichnykh semyan [Storage and processing of oil seeds]. *Vestnik Vserossiiskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta zhirov* [Bulletin of the all-russian research institute of fats], 2014, no. 2, pp. 16–20.
- Lishkevich M.I., Repina T.S. Khimicheskii sostav luzgi podsolnechnika [The chemical composition of sunflower husk]. *Maslozhirovaya promyshlennost'* [Oil and fat industry], 1957, no. 9, pp. 23–24.
- Lobanov V.G. Izuchenie osnovy tekhnologii khraneniya i pererabotki podsolnechnika. Diss. dokt. tekhn. nauk [Studying the basics of sunflower storage and processing technology. Dr. Sci. (Technical) thesis]. Moscow, 1999. 60 p.
- Melekhina O.V., Lobanov V.G. Vliyanie lipidov pokrovnykh tkanei na kharakter protsessov v semenakh podsolnechnika pri samosogrevanii [Influence of lipids of integumentary tissues on the nature of processes in sunflower seeds during self-heating]. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya* [University news. Food technology], 1994, no. 1–2, pp. 23–24.
- Melekhina O.V. Vliyanie biologicheskikh osobennostei pokrovnykh tkanei semyan podsolnechnika na izmenenie ikh kachestva pri khranении. Avtoref. kand. tekhn. nauk [Influence of biological characteristics of sunflower seed cover tissues on changes in their quality during storage. Abstract of Ph.D. (Technical) thesis]. Krasnodar, 1994. 22 p.
- Platonov P.N., Ivanov B.M. Davlenie zerna v silosakh [Grain pressure in silos]. In *Sovremennye problemy mekhaniki sypuchikh materialov* [Modern problems of mechanics of bulk materials]. Moscow, 1968, pp. 58–64.
- Romanova L.V., Sazykina N.A. pp.ravnitel'noe izuchenie semyan podsolnechnika vysokomaslichnykh sortov v svyazi s voprosami ikh khraneniya [Comparative study of sunflower seeds of high-oil varieties in connection with the issues of their storage]. *Trudy V.I.Zh* [VNIIZh Proceedings], 1959, vol. 19, pp. 5–17.
- Romanova L.V. pp.ravnitel'noe izuchenie osobennostei maslichnykh kul'tur, vliyayushchikh na

- ikh khranenie [Comparative study of the characteristics of oilseeds affecting their storage]. *Trudy V.I.Zh [VNIIZh Proceedings]*, 1967, vol. 24, pp. 5–21.
- Romanova L.V., Sazykina N.A. Vliyanie razlichnykh komponentov semennoi massy na ee stoikost' pri khranении [Influence of various components of the seed mass on its storage stability]. *Trudy V.I.Zh [VNIIZh Proceedings]*, 1961, vol. 22, pp. 52–64.
- Sirotsuka T., Togami T. pp.ovremennoe sostoyanie ekstragirovaniya zhidkostyami razlichnykh komponentov iz tverdykh chastits [Current state of liquid extraction of various components from solid particles]. *Kagakukogaku [Kagakukogaku]*, 1971, vol. 85, no. 6, pp. 612–618.
- Sharkov V.I., Dobun A.A. K voprosu o khimicheskoy sostave podsolnechnoi luzgi [To the question of the chemical composition of the solar plexus]. *Gidroliznaya i lesokhimicheskaya promyshlennost' [Hydrolysis and wood chemical industry]*, 1955, no. 3, pp. 43–56.
- Shcherbakov V.G., Lobanov V.G. Biokhimiya i tovarovedenie maslichnogo syr'ya [Biochemistry and commodity science of oilseeds]. Moscow: Kolos, 2012. 392 p.
- Shcherbakov V.G., Zhuravleva A.I., Lobanov V.G. Zhiznesposobnost' i kachestvo semyan podsolnechnika pri khranении [Viability of seeds and anti-radical activity of sunflower lipids during storage]. *Izvestiya vuzov Pishchevaya tekhnologiya [University news Food technology]*, 1974, no. 5, pp. 15–19.
- Shcherbakov V.G., Nadykta V.D. Zhiznesposobnost' semyan i antiradikal'naya aktivnost' lipidov podsolnechnika pri khranении [Viability and quality of sunflower seeds during storage]. *Izvestiya vuzov Pishchevaya tekhnologiya [University news Food technology]*, 1974, no. 4, pp. 19–21.
- Shcherbakov V.G., Il'in P.P., Zhuravlev A.I. Izmenenie statisticheskikh nagruzok v semennoi masse podsolnechnika [Changes in statistical loads in sunflower seed mass]. *Izvestiya vuzov Pishchevaya tekhnologiya [University news. Food technology]*, 1978, no. 5, pp. 173–174.
- Shcherbakov V.G., Lobanov V.G. Lokalizatsiya lipidov v tkanyakh semyan podsolnechnika [Localization of lipids in tissues of sunflower seeds]. *Izvestiya vuzov Pishchevaya tekhnologiya [University news Food technology]*, 1974, no. 3, pp. 145–147.
- Shcherbakov V.G., Kudinov P.I. Plodovaya obolochka vysokomaslichnykh podsolnechnykh semyan [Hull of high-oil sunflower seeds]. *Izvestiya vuzov Pishchevaya tekhnologiya [University news Food technology]*, 1967, no. 1, pp. 18–20.
- Shcherbakov V.G., Zhuravlev A.I. Ob usloviyakh khraneniya semyan podsolnechnika v elevatorakh silosnogo tipa [On the storage conditions of sunflower seeds in silo-type elevators]. *Izvestiya vuzov Pishchevaya tekhnologiya [University news Food technology]*, 1975, no. 1, pp. 55–58.
- Shcherbakov V.G., Shazo A.Y., Lobanov V.G. Teoreticheskie osnovy khraneniya i pererabotki semyan podsolnechnika [Theoretical foundations of storage and processing of sunflower seeds]. Moscow: Kolos, 2002. 596 p.
- Shcherbakov V.G., Lobanov V.G. Elektronnomikroskopicheskoe issledovanie produktov pererabotki podsolnechnika [Electron microscopic study of sunflower processing products]. *Maslozhirovaya promyshlennost' [Oil and fat industry]*, 1977, no. 8, pp. 14–16.
- Shorstkii I.A., Koshevoi E.P. Ekstraktsiya s nalozheniem impul'snogo elektricheskogo polya [Extraction with superimposed pulsed electric field]. *Izvestiya vuzov Pishchevaya tekhnologiya [University news Food technology]*, 2015, no. 4, pp. 40–42.