

**ПЕРАПРАЦОЎКА І ЗАХАВАННЕ СЕЛЬСКАГАСПАДАРЧАЙ ПРАДУКЦЫІ**  
**PROCESSING AND STORAGE OF AGRICULTURAL PRODUCTION**

УДК 631.531.026:[633.853.494+633.853.483]:631.547.67  
<https://doi.org/10.29235/1817-7204-2018-56-3-366-381>

Поступила в редакцию 06.04.2018  
Received 06.04.2018

**З. В. Ловкис, А. В. Пчельникова, В. Н. Бабодей, К. И. Жакова**

*Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию, Минск, Беларусь*

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОСЛЕУБОРОЧНОГО ДОЗРЕВАНИЯ  
НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ МАСЛОСЕМЯН РАПСА И ГОРЧИЦЫ  
САРЕПТСКОЙ ПРИ ПОСЛЕДУЮЩЕМ ХРАНЕНИИ**

**Аннотация:** Увеличение производства растительных масел обуславливает необходимость дальнейшего совершенствования технологии хранения масличного сырья. Известно, что формирование технологического качества масличного сырья тесно связано с его морфологическими особенностями, а также с особенностями биохимических процессов, протекающих в семенах в зависимости от внешних условий и фазы их развития. В статье изложены сравнительные результаты исследований динамики качественных и биохимических показателей маслосемян рапса и горчицы сарептской, прошедших и не прошедших послеуборочное дозревание в процессе хранения. Установлено, что для получения высококачественной масложировой продукции масличные семена должны обязательно пройти процесс дозревания в искусственных условиях, куда помещают семена по достижению уборочной спелости. В связи с тем, что основной период хранения маслосемян имеет преимущественно деструктивный характер, в семенах, не подвергшихся послеуборочному дозреванию, даже при практически идеальных условиях хранения идут активные процессы распада, значительно снижающие качество семян и сокращающие их срок хранения. На основании полученных исследований разработаны практические рекомендации по проведению послеуборочного дозревания и хранения масличного сырья. Данные могут быть использованы для оптимизации существующих технологий послеуборочного дозревания и хранения масличного сырья, повышения технологического качества перерабатываемых семян и получения высококачественной масложировой продукции. **Благодарности.** Исследования проведены в рамках государственной программы научных исследований «Качество и эффективность агропромышленного производства» на 2016–2020 годы (подпрограмма «Продовольственная безопасность»).

**Ключевые слова:** маслосемена, семена рапса, семена горчицы сарептской, послеуборочное дозревание, хранение, масличность, липаза, липоксигеназа, перекисное число, кислотное число

**Для цитирования:** Исследование влияния послеуборочного дозревания на качественные показатели маслосемян рапса и горчицы сарептской при последующем хранении / З.В. Ловкис, А.В. Пчельникова, В.Н. Бабодей, К.И. Жакова // Вес. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2018. – Т. 56, №3. – С. 366–381. <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2018-56-3-366-381>

**Z.V. Lovkis, A.V. Pchelnikova, V.N. Babodey, K.I. Zhakova**

*The Research and Practical Centre of the National Academy of Sciences of Belarus for Foodstuffs, Minsk, Belarus*

**STUDYING THE EFFECT OF POST-HARVEST RIPENING ON THE QUALITY PARAMETERS  
OF RAPE AND BROWN MUSTARD OILSEEDS DURING STORAGE**

**Abstract:** Increase of vegetable oils production provides for the further improvement of oily raw materials storage technology. It is known that technological quality of oilseeds is formed in close relation to its morphological characteristics, as well as peculiarities of biochemical processes inside of seeds, depending on external conditions and their development phase. The paper presents comparative results of researches of dynamics of qualitative and biochemical parameters of rape and brown mustard oilseeds with and without post-harvest ripening during storage. Research has shown that in order to produce high-quality fat-and-oil products, oilseeds must necessarily undergo the ripening process in artificial conditions, where the seeds are taken after they reach ripeness level enough for harvesting. Considering that the main period of oilseed storage

is mainly destructive, seeds that have not undergone post-harvest ripening have active disintegration process even in case they are stored in perfect conditions. This process considerably reduces quality of seeds and their storage period. Based on the researches, practical recommendations were developed for post-harvest ripening and storage of oilseeds. The presented research data can be used to optimize the existing technologies of oily raw material post-harvest ripening and storage, to increase process quality of processed seeds and obtain high-quality fat-and-oil products. **Acknowledgements.** The research described in this work was carried out within the framework of the state research program “Quality and efficiency of agroindustrial production” for 2016–2020 (subprogram “Food security”).

**Keywords:** oilseeds, rape seeds, brown mustard seeds, post-harvest ripening, storage, oil content, lipase, lipoxygenase, peroxide number, acid number

**For citation:** Lovkis Z.V., Pchelnikova A.V., Babodey V.N., Zhakova K.I. Studying the effect of post-harvest ripening on the quality parameters of rape and brown mustard oilseeds during storage. *Vesti Natsyonal'nyay akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2018, vol. 56, no 3, pp. 366–381 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2018-56-3-366-381>

**Введение.** Качество масложировой продукции в первую очередь определяется химическим составом и качеством перерабатываемых масличных семян [1–8]. В процессе формирования и созревания на растении семена проходят четыре основные фазы развития: эмбриональную, растяжения тканей, накопления запасных веществ и фазу созревания.

Окончание фазы накопления запасных веществ соответствует достижению семенами уборочной спелости, после чего их можно использовать в качестве масличного сырья. Морфологически созревание семян к этому времени практически завершается. Однако биохимические процессы протекают еще достаточно интенсивно и могут, в зависимости от внешних условий, привести к глубоким качественным изменениям в семенах. Таким образом, свежубранная семенная масса характеризуется незавершенностью созревания и в результате этого неустойчивостью к воздействию внешних неблагоприятных факторов при последующем хранении<sup>1</sup>.

Основные технологические операции послеуборочной обработки семян, поступающих на маслодобывающие предприятия, такие как очистка, временное хранение влажных семян и сушка, во многих случаях не позволяют достичь семенам состояния физиологической зрелости, как следствие, получаемое из них масло характеризуется низким качеством [9–21]. Оно отличается высоким содержанием хлорофиллов, что затрудняет их последующую рафинацию, повышенными значениями кислотного и перекисного числа, что сказывается на снижении их гидролитической и окислительной устойчивости.

Полная физиологическая зрелость маслосемян наступает через некоторое время в процессе хранения. Промежуток времени между наступлением у семян технической спелости (готовности к уборке) и достижением ими физиологической зрелости называется периодом послеуборочного дозревания. На этой стадии в семенах продолжают биохимические процессы, которые начались при их созревании. По окончании послеуборочного дозревания технологические свойства и жизнеспособность семян улучшаются: уменьшается влажность, увеличивается выход масла, снижается кислотное число, значительно повышается их всхожесть и энергия прорастания<sup>2</sup>. Кроме изменения посевных и технологических свойств в период послеуборочного дозревания протекают биохимические процессы, приводящие к снижению интенсивности дыхания и активности ферментов. Маслосемена становятся физиологически зрелыми и вступают в состояние покоя.

Таким образом, целью послеуборочного дозревания является создание условий, оптимальных для протекания биохимических процессов, направленных на улучшение технологических свойств семян [22–24].

Большинство исследований процессов послеуборочного дозревания и хранения проводилось на семенах подсолнечника [25–30]. Основной же масличной культурой в Республике Беларусь является рапс<sup>3</sup>. В последнее время возрос интерес еще к одной масличной культуре из семейства

<sup>1</sup> Пилипюк В.Л. Технология хранения зерна и семян. – М. : Вуз. учеб., 2009. – 456 с.

<sup>2</sup> Акаева Т.К., Петрова С.Н. Основы химии и технологии получения и переработки жиров : учеб. пособие / Иванов. гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново : Иванов. гос. хим.-технол. ун-т, 2007. – Ч. 1 : Технология получения растительных масел. – 124 с.

<sup>3</sup> Шаганов И.А. Рапсовое поле Беларуси: практическое руководство по освоению интенсивной технологии возделывания озимого рапса на маслосемена. – Минск : Равноденствие, 2008. – 70 с.; Маслосемена рапса. Требования при заготовках и поставках. Технические условия : СТБ 1398–2003. – Введ. 12.06.03. – Минск : БелГИСС, 2003. – 12 с.

крестоцветных – горчице сарептской (*Brassica juncea*)<sup>4</sup>. Данные по вопросу послеуборочного дозревания семян горчицы сарептской и маслосемян рапса встречаются разрозненные и несистематичные. Таким образом, исследование влияния послеуборочного дозревания на показатели качества маслосемян рапса и горчицы сарептской при последующем хранении является актуальным и перспективным направлением.

**Материалы и методы исследований.** Исследования проводили в научно-исследовательской лаборатории отдела технологий кондитерской и масложировой продукции РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» в 2016–2017 гг. С целью изучения динамики изменения биохимического состава и физиологических показателей маслосемян в процессе хранения исследуемые образцы семян, прошедшие и не прошедшие стадию послеуборочного дозревания, хранили в течение 12 мес. в искусственно созданных условиях, соответствующих наиболее благоприятным условиям хранения: температура хранения –  $5,0 \pm 2$  °С, относительная влажность –  $60 \pm 2$  %.

Методика проведения эксперимента состоит в следующем: в плотно закрывающийся контейнер наливают 72%-ный раствор глицерина и аккуратно вставляют туда сетчатый поддон так, чтобы он не касался раствора. Закрытый контейнер выдерживают в холодильнике при температуре  $5 \pm 2$  °С не менее 24 ч. Относительная влажность воздуха внутри контейнера при этом составляет  $60 \pm 2$  %<sup>5</sup>. Концентрацию водного раствора глицерина контролируют по его показателю преломления. После суточной выдержки в контейнер помещают навеску семян и выдерживают при температуре  $5 \pm 2$  °С в течение необходимого срока хранения. В соответствии со схемой эксперимента исследуемые семена достают из контейнера и подвергают анализу.

Данный метод позволяет моделировать необходимые условия хранения и тем самым производить быструю и эффективную оценку качества семян в строго контролируемых лабораторных условиях.

Динамику показателей качества маслосемян и извлеченного из них масла исследовали каждые 10 дней. Основными анализируемыми показателями, характеризующими качество маслосемян, поступающих на переработку и хранение, являлись масличность (*M*), влажность (*W*), а также кислотное (*KЧ*) и перекисное (*ПЧ*) числа содержащегося в них масла<sup>6</sup>.

В ходе работы также определяли содержание в масличных семенах пигментов (каротиноидов (*KР*) и хлорофиллов (*XЛ*) – неомыляемых липидов, обуславливающих окраску масел, а также изменение удельной активности гидролитических и окислительно-восстановительных ферментов – липазы и липоксигеназы (*Ал*, *Ало*), оказывающих непосредственное влияние на динамику *KЧ* и *ПЧ*<sup>7</sup> [31].

**Результаты и их обсуждение.** Результаты исследования изменения качественных и биохимических показателей маслосемян рапса и горчицы сарептской, прошедших и не прошедших послеуборочное дозревание, за 12 мес. хранения приведены в табл. 1, 2.

При хранении и переработке масличных семян наиболее важными с точки зрения влияния на качество получаемых продуктов являются исследование протекания гидролитических и окислительных процессов, катализируемых соответствующими ферментами.

<sup>4</sup> Семена горчицы (промышленное сырье). Требования при заготовках и поставках. Технические условия : ГОСТ 9159–71. – Взамен ГОСТ 9159–59 ; введ. 01.07.72. – М. : Изд-во стандартов, 1971. – 4 с.

<sup>5</sup> Пластмассы. Небольшие контейнеры для кондиционирования и испытания с использованием водных растворов для поддержания постоянного значения относительной влажности : ГОСТ 29244–91. – Введ. 01.01.93. – М. : Изд-во стандартов, 1992. – 12 с.

<sup>6</sup> Семена масличные. Метод определения влажности : ГОСТ 10856–96. – Введ. РБ 01.10.97. – Минск : БелГИСС, 1997. – 8 с.; Семена масличные. Методы определения масличности : ГОСТ 10857–64. – Введ. 01.07.64. – М. : Стандартиформ, 2010. – 6 с.; Масла растительные. Методы определения кислотного числа : ГОСТ 31933–2012. – Взамен ГОСТ 5476–80 ; введ. РБ 01.02.16. – Минск : Госстандарт, 2015. – 8 с.; Масла растительные и жиры животные. Метод определения перекисного числа : СТБ ГОСТ Р 51487–2001. – Введ. 01.11.02. – Минск : Госстандарт, 2001. – 6 с.

<sup>7</sup> Семена рапса. Определение содержания хлорофилла спектрометрическим методом : ГОСТ Р 51485–99. – Введ. 01.01.01. – М. : Стандартиформ, 2010. – 9 с.; Никитенко А. И., Леонтьев В. Н., Болтовский В. С. Методические особенности определения активности липаз в семенах рапса // Тр. БГТУ. – 2011. – №4 (142). – С. 190–193; Ермаков А. И., Арасимович В. В., Ярош Н. П. Методы биохимического исследования растений. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л. : Колос, 1972. – 456 с.; Петров К. П. Методы биохимии растительных продуктов. – Киев : Вища шк., 1978. – 224 с.

Результаты исследований показали, что с 9-го по 12-й месяц хранения у всех исследуемых образцов продолжается снижение масличности вследствие дыхания семян, в результате чего к концу анализируемого периода она уменьшилась на 0,02–0,04 %.

Масличность маслосемян горчицы по сравнению с исходными показателями через 12 мес. хранения изменилась следующим образом: с поля – 27,50 %, прошедших дозревание – 27,57 %, не прошедших дозревание – 26,03 %. Масличность рапса – 41,00, 41,34, 38,85 % соответственно. По сравнению с исходными показателями (с поля) в семенах, не прошедших созреванию, через 12 мес. хранения отмечается потеря в масличности на уровне 1,5 % (семена горчицы) – 2,1 % (семена рапса). В то же время семена, прошедшие дозревание, по уровню масличности превосходили исходные показатели на 0,07–0,3 %.

Т а б л и ц а 1. Динамика качественных и биохимических показателей семян горчицы сарептской, прошедших и не прошедших послеуборочное дозревание, в процессе хранения

T a b l e 1. Dynamics of qualitative and biochemical indicators of brown mustard seeds with and without post-harvest ripening during storage

Срок хранения, сут.	W, %	M, %	КЧ, мг КОН/г	ПЧ, ммоль (½O)/кг	A <sub>2</sub> , мг КОН/г·ч	A <sub>30</sub> , мЭкв/г·мин	ХЛ, мг/кг	КР, мг/кг
<i>Семена горчицы сарептской, прошедшие послеуборочное дозревание</i>								
0	7,12	28,80	1,30	0,50	0,023	0,0072	3,41	46,59
30	7,90	28,85	1,36	0,51	0,026	0,0072	3,38	46,62
60	7,90	28,80	1,49	0,56	0,030	0,0080	3,32	46,65
90	7,90	28,80	1,63	0,62	0,034	0,0090	3,30	46,71
120	7,90	28,78	1,77	0,67	0,036	0,0096	3,30	46,70
150	7,90	28,70	1,85	0,71	0,042	0,0100	3,30	46,55
180	7,90	28,57	1,92	0,75	0,049	0,0103	3,31	46,42
210	7,90	28,40	2,00	0,77	0,057	0,0108	3,25	46,22
240	7,90	27,95	2,07	0,78	0,064	0,0110	3,20	45,76
270	7,90	27,59	2,12	0,79	0,068	0,0113	3,10	45,49
285	7,90	27,59	2,25	0,83	0,074	0,0117	3,10	45,17
300	7,90	27,59	2,33	0,87	0,081	0,0121	3,10	44,91
315	7,90	27,59	2,38	0,91	0,086	0,0123	3,10	44,65
330	7,90	27,57	2,47	0,97	0,090	0,0128	3,10	44,33
345	7,90	27,57	2,54	1,00	0,097	0,0133	3,10	44,17
360	7,90	27,57	2,66	1,03	0,100	0,0139	3,10	43,97
<i>Семена горчицы сарептской, не прошедшие послеуборочное дозревание</i>								
0	12,7	27,50	1,95	0,97	0,038	0,0130	4,51	44,43
30	10,2	27,72	2,07	0,99	0,040	0,0130	4,51	44,41
60	8,2	27,90	2,25	1,26	0,049	0,0158	4,51	44,38
90	7,9	27,95	2,81	1,81	0,061	0,0209	4,50	44,35
120	7,9	27,87	3,21	2,04	0,071	0,0220	4,50	44,20
150	7,9	27,76	3,49	2,17	0,081	0,0227	4,50	44,11
180	7,9	27,63	3,80	2,32	0,096	0,0234	4,50	43,94
210	7,9	27,25	4,27	2,47	0,113	0,0244	4,48	43,21
240	7,9	26,75	4,56	2,59	0,127	0,0251	4,42	42,53
270	7,9	26,06	5,10	2,68	0,143	0,0258	4,33	41,84
285	7,9	26,06	5,39	2,76	0,156	0,0264	4,32	41,56
300	7,9	26,06	5,70	2,85	0,167	0,0272	4,31	41,42
315	7,9	26,04	5,87	2,96	0,178	0,0277	4,29	41,29
330	7,9	26,04	6,13	3,13	0,189	0,0284	4,29	41,17
345	7,9	26,03	6,25	3,25	0,202	0,0291	4,27	41,07
360	7,9	26,03	6,49	3,50	0,215	0,0297	4,26	40,98

Т а б л и ц а 2. Динамика качественных и биохимических показателей семян рапса, прошедших и не прошедших послеуборочное дозревание, в процессе хранения

T a b l e 2. Dynamics of qualitative and biochemical indicators of rapeseeds with and without post-harvest ripening during storage

Срок хранения, сут.	W, %	M, %	КЧ, мг КОН/г	ПЧ, ммоль (½О)/кг	A <sub>а</sub> , мг КОН/г·ч	A <sub>ло</sub> , экв/г·мин	ХЛ, мг/кг	КР, мг/кг
<i>Семена рапса, прошедшие послеуборочное дозревание</i>								
0	6,1	42,69	1,53	1,01	0,018	0,0120	10,09	20,05
30	7,2	42,67	1,59	1,05	0,022	0,0125	9,97	20,05
60	7,2	42,60	1,75	1,45	0,027	0,0155	9,94	20,10
90	7,2	42,64	1,87	1,71	0,031	0,0175	9,95	20,15
120	7,2	42,54	2,01	1,89	0,036	0,0185	9,95	19,98
150	7,2	42,46	2,12	2,03	0,044	0,0197	9,94	19,53
180	7,2	42,43	2,23	2,12	0,052	0,0201	9,94	19,25
210	7,2	42,00	2,36	2,19	0,065	0,0214	9,82	18,80
240	7,2	41,75	2,45	2,30	0,079	0,0220	9,70	18,33
270	7,2	41,38	2,57	2,47	0,086	0,0226	9,64	17,90
285	7,2	41,38	2,98	2,54	0,095	0,0235	9,64	17,90
300	7,2	41,37	3,43	2,61	0,107	0,0248	9,63	17,86
315	7,2	41,37	3,91	2,68	0,121	0,0257	9,63	17,86
330	7,2	41,37	4,59	2,79	0,132	0,0269	9,62	17,83
345	7,2	41,35	5,35	2,89	0,140	0,0280	9,62	17,81
360	7,2	41,34	5,83	2,98	0,149	0,0300	9,62	17,81
<i>Семена рапса, не прошедшие послеуборочное дозревание</i>								
0	11,3	41,00	3,70	2,38	0,046	0,026	15,25	18,09
30	9,2	41,31	3,85	2,56	0,047	0,028	15,26	18,06
60	7,7	41,52	4,19	4,35	0,067	0,046	15,25	18,01
90	7,2	41,82	4,88	7,49	0,084	0,073	15,21	17,95
120	7,2	41,76	5,56	8,63	0,117	0,078	15,21	17,65
150	7,2	41,73	5,86	9,33	0,137	0,082	15,21	17,16
180	7,2	41,65	6,15	9,71	0,150	0,084	15,21	16,79
210	7,2	40,82	6,56	10,05	0,189	0,089	15,15	16,37
240	7,2	39,72	7,15	10,23	0,225	0,093	15,08	15,78
270	7,2	38,89	7,86	10,62	0,272	0,096	14,98	15,30
285	7,2	38,89	8,55	10,81	0,305	0,100	14,92	15,19
300	7,2	38,89	9,79	10,99	0,345	0,102	14,86	15,13
315	7,2	38,87	10,53	11,10	0,369	0,105	14,81	15,09
330	7,2	38,87	11,37	11,21	0,410	0,106	14,75	15,04
345	7,2	38,86	12,08	11,43	0,445	0,109	14,70	14,99
360	7,2	38,85	12,93	11,69	0,509	0,110	14,67	14,93

К концу исследуемого периода хранения во всех семенах наблюдается ухудшение их показателей безопасности (рис. 1). При этом следует отметить, что масла из семян, прошедших дозревание, характеризуются незначительным увеличением кислотного и перекисного числа: кислотное число масла в семенах горчицы сарептской увеличилось в 1,36 раза, в семенах рапса – 1,57 раза; перекисное число – 1,06 и 1,25 раза соответственно, поэтому через 12 мес. хранения данные маслосемена отличаются приемлемыми показателями качества.

В маслах из семян, не прошедших дозревание, к концу исследований отмечается значительный, по сравнению с исходными, прирост кислотного (в 3,3–3,5 раза) и перекисного (в 3,6–4,9 раза) числа, при этом наиболее значительные изменения наблюдаются в динамике кислотного числа масла в семенах рапса с 9-го по 12-й месяц хранения (рис. 2).

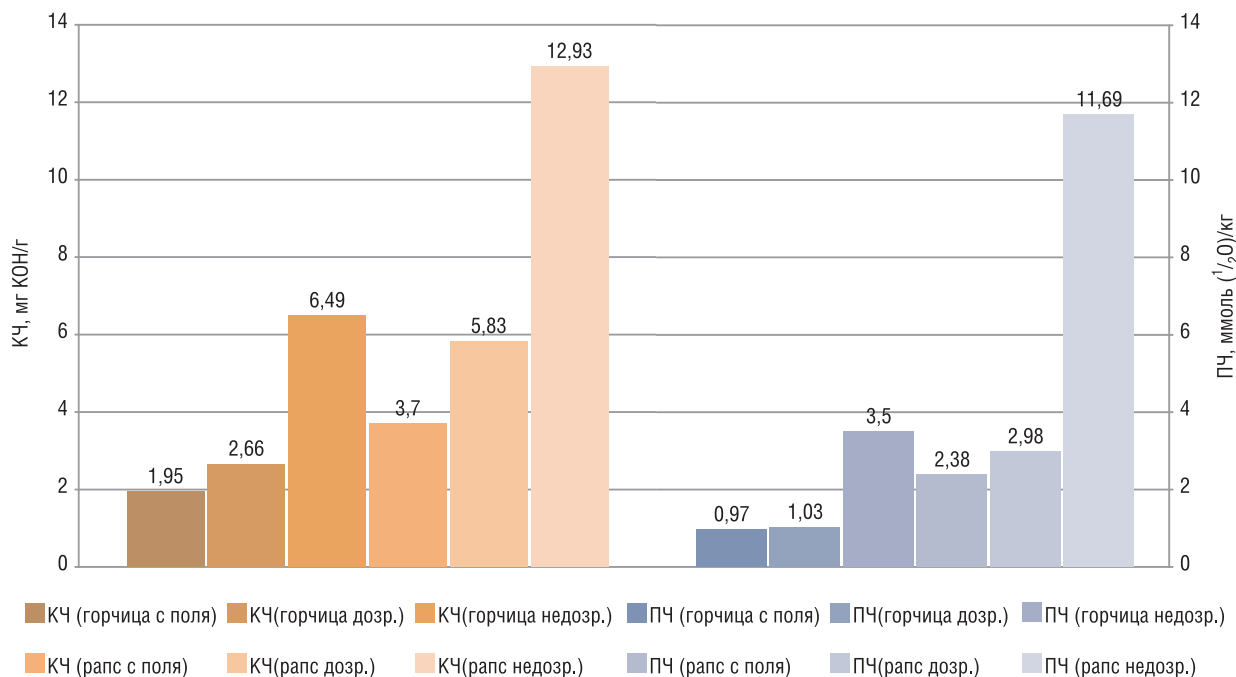


Рис. 1. Изменение кислотного и перекисного числа масел, полученных из маслосемян, прошедших и не прошедших послеуборочное дозревание, по сравнению с исходными показателями через 12 мес. хранения

Fig. 1. Variability of acid and peroxide values of oils obtained from oilseeds with and without post-harvest ripening compared with the initial indicators in 12 months of storage

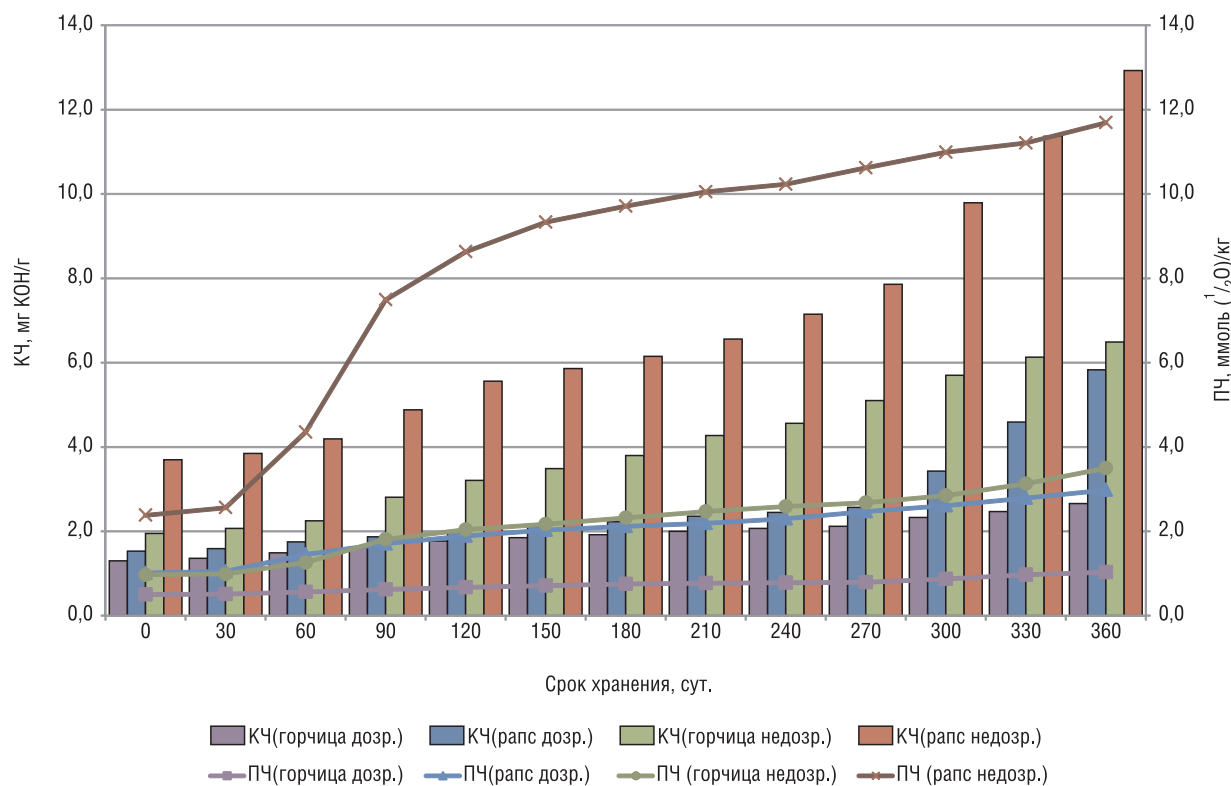


Рис. 2. Динамика кислотного и перекисного числа масел, полученных из маслосемян, прошедших и не прошедших послеуборочное дозревание, в процессе хранения

Fig. 2. Dynamics of acid and peroxide values of oils obtained from oilseeds with and without post-harvest ripening during storage

Исходя из динамики кислотного числа следует, что при температуре хранения  $5,0 \pm 2$  °С и относительной влажности воздуха  $60 \pm 2$  % семена горчицы, не прошедшие созревания, могут безопасно храниться на протяжении 6 мес., семена рапса – только 1 мес. Позже данные семена годятся только для переработки на масло для технических целей.

Семена рапса, прошедшие послеуборочное созревание, при этих же условиях хранения годны для переработки на пищевые цели на протяжении 10 мес.

Масло семян горчицы к концу исследования имело кислотное число на уровне 2,66 мг КОН/г, что значительно меньше показателя, установленного руководящими нормативными документами (не более 4 мг КОН/г). Таким образом, срок хранения семян горчицы, прошедших послеуборочное дозревание, составляет не менее одного года при температуре хранения  $5,0 \pm 2$  °С и относительной влажности воздуха  $60 \pm 2$  %.

Исследование активности гидролитических и окислительных ферментов показало, что семена, не прошедшие дозревания, вполне обоснованно характеризуются повышенной активностью катализирующих данные реакции ферментов (рис. 3).

Так, активность липазы в семенах горчицы сарептской, не прошедших послеуборочное созревание, к концу исследований в 5,6 раза выше по сравнению с исходными показателями (с поля), у рапса активность фермента выше в 11,06 раза (рис. 4). Активность липогеназы выше в 2,3 и 4,2 раза соответственно.

Содержание каротиноидов во всех образцах масла из семян, подвергшихся послеуборочному дозреванию, к концу хранения снизилось незначительно (на 1,0–1,5 %). В маслах из семян, не прошедших стадию дозревания, отрицательная динамика выражена больше: по сравнению с исходными семенами содержание каротиноидов в масле из семян горчицы к концу хранения уменьшилось на 7,8 %, в масле из семян рапса – на 17,5 %, что можно объяснить большей активностью липоксигеназы в данных семенах.

Значительное снижение содержания хлорофиллов (на 31,3–36,9 %) отмечалось в маслах исследуемых образцов семян только в период послеуборочного дозревания при температуре 20 °С (рис. 5).

В условиях хранения при 5 °С содержание хлорофиллов снижается лишь на 5,57 % (горчица) и на 3,8 % (рапс).

Все эти результаты подтверждают, что направленность биохимических изменений при послеуборочном дозревании маслосемян аналогична процессам в семенах, созревающих на растении, и только в период послеуборочного дозревания семена достигают своей физиологической зрелости.

Таким образом, анализ показателей качества и биохимических процессов, протекающих в масличных семенах в ходе их послеуборочного дозревания и хранения, позволяет выделить следующие периоды, отличающиеся по характеру протекания этих процессов:

- период послеуборочного дозревания, характеризующийся снижением влажности, возрастанием масличности семян, снижением величины кислотного и перекисного чисел вследствие снижения уровня активности ферментов и значительным снижением содержания хлорофиллов;
- период начального хранения, характеризующийся относительной стабилизацией всех исследуемых показателей: влажности, масличности, содержания пигментов, кислотного и перекисного числа, активности гидролитических и окислительных ферментов;
- основной период хранения, характеризующийся постепенным снижением масличности, вследствие дыхания семян, возрастанием активности липазы и липоксигеназы, приводящим к увеличению кислотных и перекисных чисел масла и снижению содержания каротиноидов.

При этом следует отметить, что только в периоде послеуборочного созревания, протекающем при относительно высоких температурах, преобладают синтетические процессы, подобные наблюдаемым при естественном созревании на растении, что сопровождается улучшением технологических свойств семян. Основным периодом хранения имеет преимущественно деструктивный характер, поэтому в семенах, не подвергшихся послеуборочному дозреванию, даже при практически идеальных условиях хранения идут активные процессы распада, значительно снижающие качество семян и сокращающие их срок хранения.

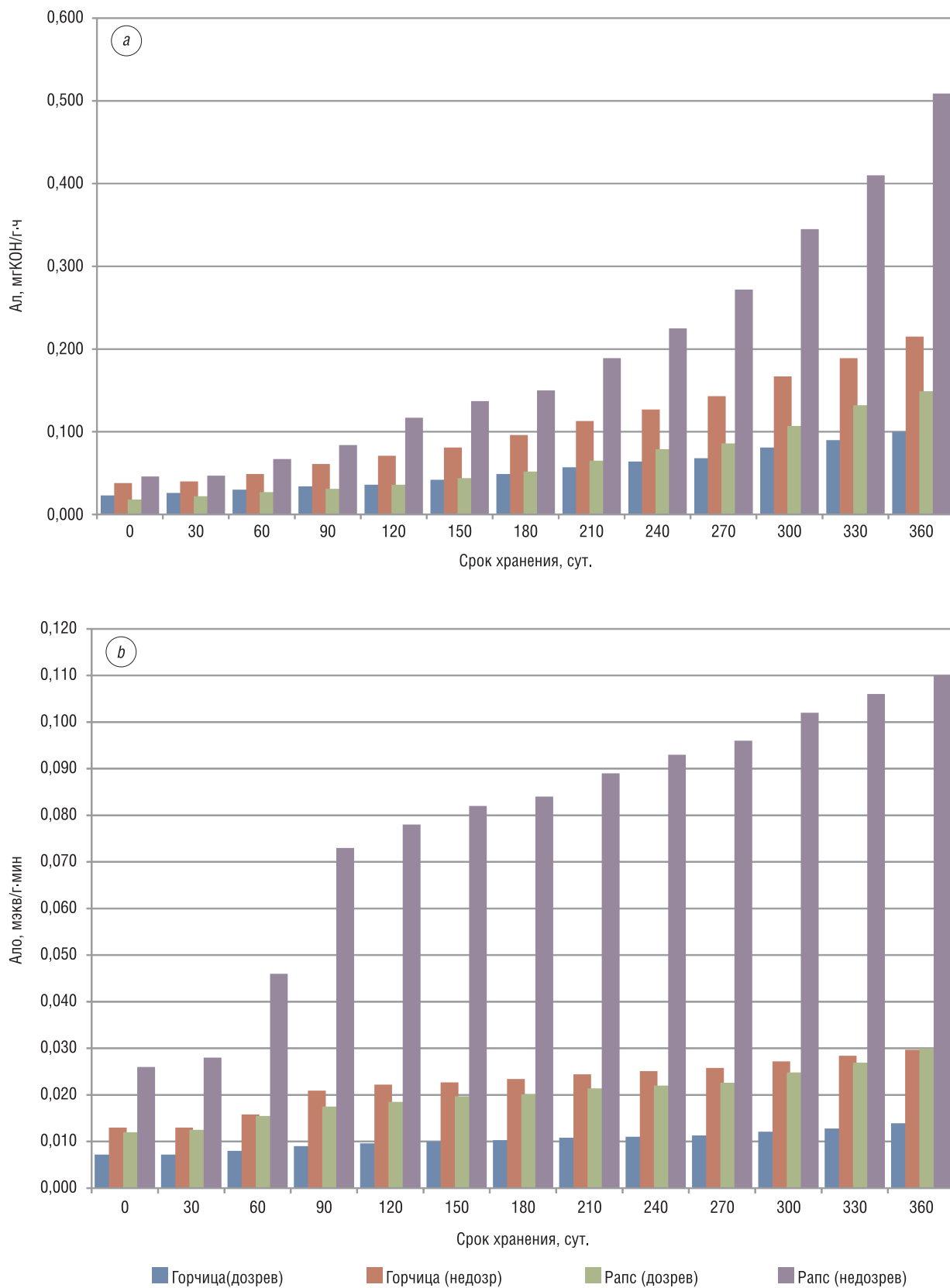


Рис. 3. Динамика активности липазы (а) и липоксигеназы (b) маслосемян, прошедших и не прошедших послеуборочное дозревание, в процессе хранения

Fig. 3. Dynamics of lipase (a) and lipoxygenase (b) activity of oilseeds with and without post-harvest ripening during storage



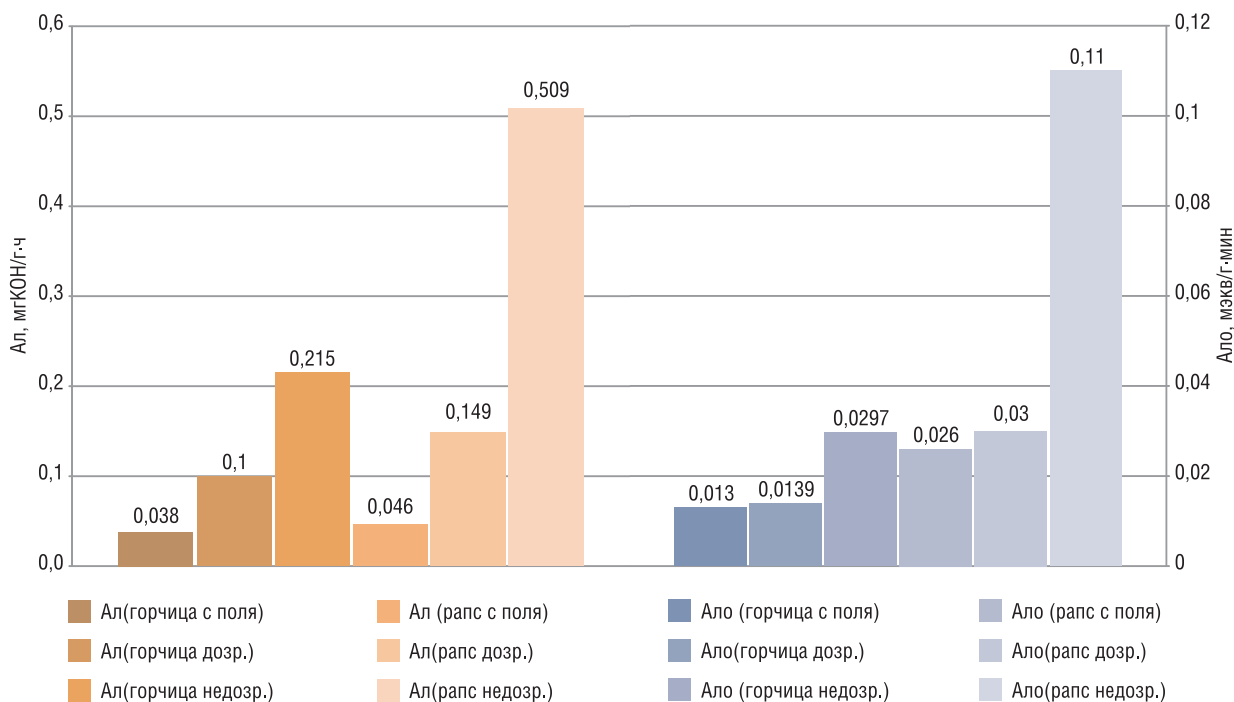


Рис. 4. Изменение активности ферментов маслосемян, прошедших и не прошедших послеуборочное дозревание, по сравнению с исходными показателями через 12 мес. хранения

Fig. 4. Variability of activity of oilseeds enzymes with and without post-harvest ripening compared with the initial indicators in 12 months of storage

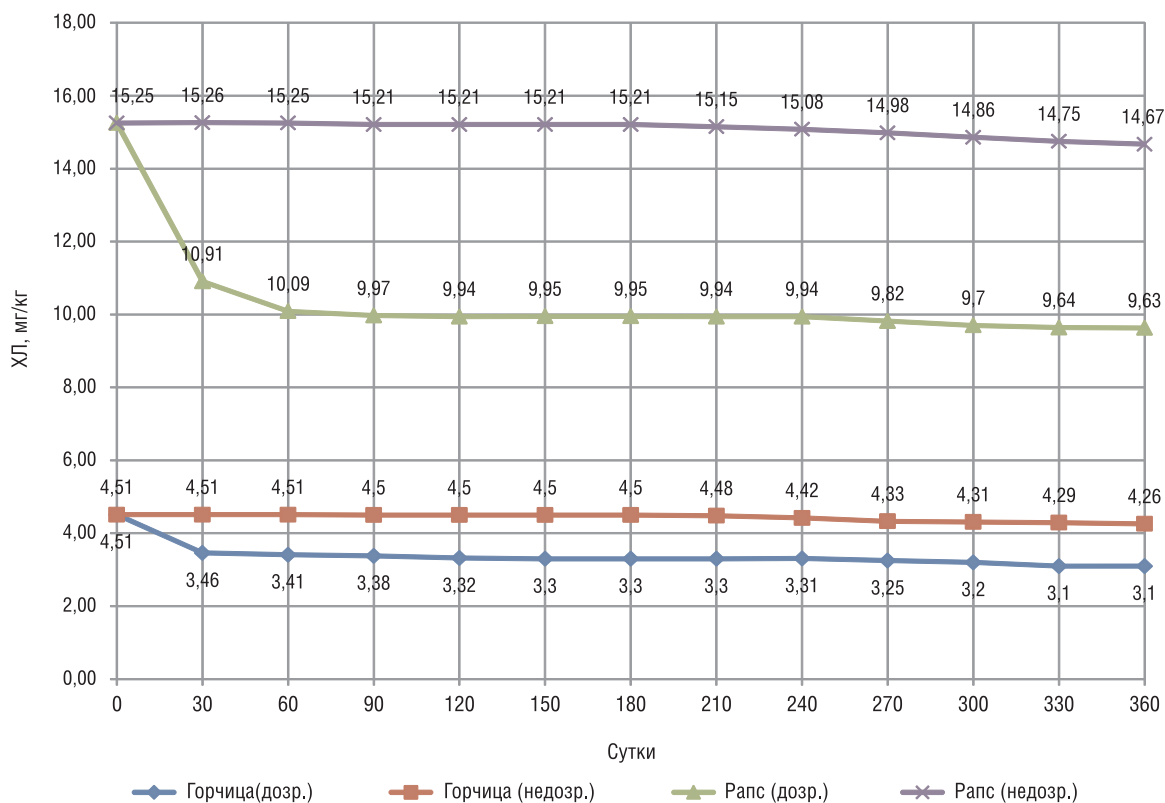


Рис. 5. Изменение содержания хлорофиллов в маслах, полученных из маслосемян, прошедших и не прошедших послеуборочное дозревание, по сравнению с исходными показателями через 12 мес. хранения

Fig. 5. Variability of chlorophylls level in oils obtained from oilseeds with and without post-harvest ripening compared with the initial indicators in 12 months of storage

Таким образом, для получения высококачественной масложировой продукции масличные семена должны обязательно пройти процесс дозревания в специально созданных условиях, куда их помещают по достижению уборочной спелости.

Ранняя уборка при большой влажности и отсутствие условий для дозревания приводят к значительной активизации гидролитических и окислительных процессов, что сопровождается интенсивным дыханием, процессами распада и снижением периода хранения маслосемян при ухудшении качества извлекаемого из них масла.

На основании полученных исследований разработаны рекомендации по проведению послеуборочного дозревания и хранения масличного сырья.

Наряду с исследованиями маслосемян параллельно проводили работы по исследованию изменения показателей качества масел, полученных из влажных свежубранных семян, не прошедших дозревание, и семян, прошедших стадию дозревания, в процессе хранения.

Растительные масла были получены методом горячего прессования с использованием шнекового маслопресса типа «FARMER-35501M». Масла хранили в темном месте при температуре хранения  $20,0 \pm 2$  °С. Пробы для исследований отбирали первые 6 мес. хранения каждые 10 дней, последующие месяцы – каждые 15 дней. Результаты исследования качественных показателей масел представлены в табл. 3.

Т а б л и ц а 3. Динамика качественных показателей горчичного и рапсового масел, полученного из семян прошедших и не прошедших послеуборочное дозревание, в процессе хранения

Table 3. Dynamics of qualitative indicators of mustard and rapeseed oil obtained from seeds with and without post-harvest ripening with and without storage

Срок хранения, сут.	Горчичное масло				Рапсовое масло			
	Масло из свежубранных семян, не прошедших послеуборочное дозревание		Масло из семян, прошедших послеуборочное дозревание		Масло из свежубранных семян, не прошедших послеуборочное дозревание		Масло из семян, прошедших послеуборочное дозревание	
	КЧ, мг КОН/г	ПЧ, ммоль (½О)/кг	КЧ, мг КОН/г	ПЧ, ммоль (½О)/кг	КЧ, мг КОН/г	ПЧ, ммоль (½О)/кг	КЧ, мг КОН/г	ПЧ, ммоль (½О)/кг
0	2,05	1,72	1,37	1,12	3,91	2,44	1,72	2,00
10	2,11	1,79	1,39	1,19	3,99	2,61	1,75	2,12
20	2,34	1,92	1,45	1,32	4,12	2,75	1,75	2,31
30	2,55	2,17	1,62	1,65	4,29	3,27	1,85	2,87
40	2,78	2,55	1,75	2,00	4,62	4,01	1,98	3,34
50	3,02	2,99	1,88	2,21	4,84	4,61	2,19	3,67
60	3,29	3,39	2,03	2,47	5,02	5,26	2,32	4,01
70	3,49	3,72	2,17	2,62	5,23	5,77	2,56	4,46
80	3,71	4,01	2,32	2,85	5,47	6,32	2,71	5,12
90	3,97	4,21	2,48	3,10	5,83	6,95	2,96	5,73
100	4,3	4,32	2,61	3,27	6,15	7,55	3,21	6,10
110	4,59	4,50	2,87	3,48	6,45	7,89	3,56	6,37
120	5,03	4,70	3,22	3,66	6,78	8,34	3,72	6,70
130	5,39	4,87	3,39	3,89	7,10	8,73	3,97	7,03
140	5,85	5,00	3,55	4,11	7,41	9,25	4,35	7,29
150	6,32	5,17	3,85	4,28	7,84	9,70	4,59	7,69
160	6,84	5,36	4,05	4,4	8,11	10,05	4,78	7,93
170	7,25	5,57	4,29	4,59	8,45	10,43	4,91	8,31
180	7,59	5,76	4,53	4,75	8,72	10,85	5,15	8,50
195	8,20	6,28	4,94	5,03	9,59	12,60	5,67	8,93
210	9,75	6,68	5,23	5,49	10,17	13,49	6,05	9,60
225	10,28	6,93	5,47	5,63	11,19	14,68	6,43	10,35
240	11,76	7,05	5,87	5,94	11,67	15,33	6,95	10,78
255	12,50	7,21	6,02	6,02	12,33	15,85	7,43	11,44
270	13,89	7,39	6,35	6,05	12,99	16,05	7,54	11,93

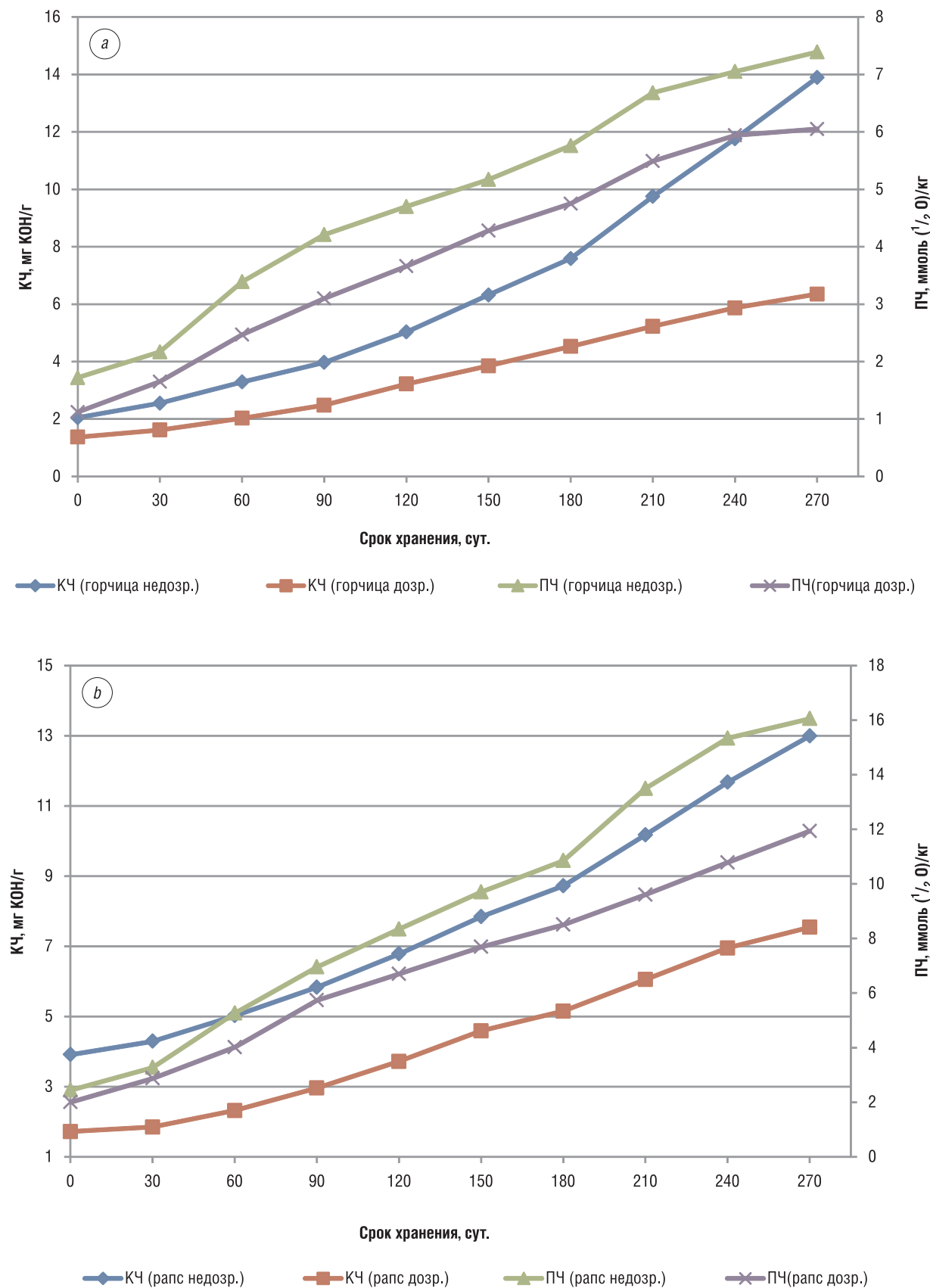


Рис. 6. Динамика кислотного и перекисного числа горчичного (a) и рапсового (b) масел, полученных из семян прошедших и не прошедших послеуборочное дозревание, в процессе хранения

Fig. 6. Dynamics of acid and peroxide value of mustard oil obtained from seeds with and without post-harvest ripening during storage

Результаты показали, что исследуемые масла отличаются более высокими исходными показателями кислотного и перекисного числа по сравнению с показателями масла, полученного холодным прессованием на лабораторном прессе, что связано с технологическими особенностями применяемого маслопресса (в процессе эксплуатации рабочая температура прессующего устройства составляет около 70–80 °С).

В соответствии с требованиями ТР ТС 024/2011 «Технический регламент на масложировую продукцию», растительные нерафинированные пищевые масла по показателям безопасности должны соответствовать следующим требованиям: КЧ – не более 4 мг КОН/г для масла горчичного, не более 6 мг КОН/г – для масла рапсового, используемого в качестве продовольственного пищевого сырья; ПЧ – не более 10 ммоль ( $\frac{1}{2}$ O)/кг.

Исследование динамики качественных показателей масел показало, что масло из семян, не прошедших дозревания, отличается более низкими показателями качества и характеризуется более высокой скоростью нарастания кислотного и перекисного числа (рис. 6).

Так, несмотря на приемлемое перекисное число, по показателю КЧ горчичное масло, полученное из свежесобраных семян, уже через 90 дней хранения не соответствовало требованиям безопасности, предъявляемым к пищевым нерафинированным маслам. Масло рапсовое, полученное из свежесобраных маслосемян, не прошедших дозревание, также через 3 мес. хранения не годится для промышленной переработки на пищевые цели и может использоваться только в качестве технического. Горчичное масло, полученное из семян, прошедших послеуборочное дозревание, сохраняет свое качество на протяжении 5 мес. хранения.

Наибольшую устойчивость при хранении показало рапсовое масло, полученное из семян, прошедших послеуборочное дозревание. Оно соответствовало требованиям безопасности, предъявляемым к нерафинированному рапсовому маслу как продовольственному пищевому сырью на протяжении 7 мес. хранения.

**Заключение.** В результате проведенных исследований установлено, что для получения высококачественной масложировой продукции масличные семена должны обязательно пройти процесс дозревания в искусственных условиях, куда помещают семена по достижению уборочной спелости. Только в условиях послеуборочного дозревания, протекающего при относительно высоких температурах, в семенах преобладают синтетические процессы, подобные наблюдаемым при естественном созревании на растении, что сопровождается улучшением их технологических свойств. Основной период хранения имеет преимущественно деструктивный характер, поэтому в семенах, не подвергшихся послеуборочному дозреванию, даже при практически идеальных условиях хранения идут активные процессы распада, значительно снижающие качество семян и сокращающие их срок хранения.

Анализ качественных и биохимических показателей маслосемян, прошедших и не прошедших послеуборочное дозревание, показал, что по сравнению с исходными показателями (с поля) в семенах, не прошедших стадию дозревания, к концу исследований (12 месяцев хранения) отмечается потеря в масличности на уровне 1,5 % (семена горчицы) и 2,1 % (семена рапса), значительный прирост кислотного (в 3,3–3,5 раза) и перекисного (3,6–4,9 раза) числа, обусловленные повышенной активностью гидролитических и окислительных ферментов.

В маслах из семян, прошедших дозревание, увеличение кислотного и перекисного числа очень незначительно: кислотное число масла в семенах горчицы сарептской увеличилось в 1,36 раза, в семенах рапса – в 1,57 раза; перекисное число – в 1,06 и 1,25 соответственно. По уровню масличности данные семена превосходят исходные показатели на 0,07–0,3 % соответственно.

Установлено, что исследуемые семена горчицы, не прошедшие созревания, при температуре хранения  $5,0 \pm 2$  °С и относительной влажности воздуха  $60 \pm 2$  % могут безопасно храниться на протяжении 6 мес, семена рапса – 1 месяц. Семена рапса, прошедшие послеуборочное созревания, при этих же условиях хранения годны для переработки на пищевые цели на протяжении 10 мес. Срок хранения исследуемых семян горчицы, прошедших послеуборочное дозревание, составляет не менее одного года при температуре хранения  $5,0 \pm 2$  °С и относительной влажности воздуха  $60 \pm 2$  %.

Масло из семян, не прошедших дозревания, отличается более низкими показателями качества. По показателю «кислотное число» горчичное масло, полученное из свежесобраных семян, уже через 90 дней хранения не соответствует требованиям безопасности, предъявляемым

к пищевым нерафинированным маслам. Масло рапсовое, полученное из свежуборочных маслосемян, не прошедших дозревание, также через 3 мес. хранения также не годится для промышленной переработки на пищевые цели.

Горчичное масло, полученное из семян, прошедших послеуборочное дозревание, сохраняет свое качество на протяжении 5 мес. хранения. Наибольшую устойчивость при хранении показало рапсовое масло, полученное из семян, прошедших послеуборочное дозревание. Оно соответствовало требованиям безопасности, предъявляемым к нерафинированному рапсовому маслу как продовольственному пищевому сырью, на протяжении 7 мес. хранения.

На основании полученных исследований разработаны рекомендации по проведению послеуборочного дозревания и хранения масличного сырья.

**Благодарности.** Исследования проведены в рамках государственной программы научных исследований «Качество и эффективность агропромышленного производства» на 2016–2020 годы (подпрограмма «Продовольственная безопасность»).

### Список использованных источников

1. Зотова, Е. Ю. Формирование урожая и качества семян горчицы белой на дерново-подзолистых почвах Верхневолжья : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.09 / Е. Ю. Зотова ; Рос. гос. аграр. заоч. ун-т. – М., 2005. – 24 с.
2. Иванцова, Е. А. Особенности и технологии возделывания горчицы сарептской / Е. А. Иванцова // *Зерновое хоз-во.* – 2004. – № 7. – С. 26–27.
3. Кушнир, А. С. Особенности технологии возделывания горчицы сизой на семена / А. С. Кушнир, А. А. Шатрыкин // *Науч.-агрон. журн.* – 2013. – № 1. – С. 27–29.
4. Крючков, М. М. Горчица белая и рапс, как важные элементы в биологизации земледелия / М. М. Крючков, И. В. Смертенков // *Здоровая окружающая среда – основа безопасности регионов* : сб. тр. первого междунар. экол. форума в Рязани, Рязань, 11–13 мая 2017 г. : в 2 т. / Ряз. гос. ун-т [и др.] ; редкол.: Е. С. Иванов [и др.]. – Рязань, 2017. – Т. 1. – С. 228–231.
5. Наумкин, В. П. Влияние агротехнических приемов на урожайность горчицы белой / В. П. Наумкин, Н. И. Велкова // *Наука и образование XXI века* : материалы второй междунар. науч.-практ. конф., Рязань, 29 окт. 2008 г. : в 3 т. / *Соврем. техн. ин-т* [и др.] ; отв. ред. А. В. Барановский. – Рязань, 2008. – Т. 2. – С. 43–45.
6. Гущина, В. А. Формирование продуктивности и качества маслосемян ярового рапса в лесостепи Среднего Поволжья / В. А. Гущина, А. С. Лыкова. – Пенза : РИО ПГСХА, 2015. – 188 с.
7. Jaarsma, J. *Olievorming en oliekwiteit bij koolzaad : een literatuurstudie* / J. Jaarsma. – Wageningen : Centrum voor Agrobiol. Onderzoek, 1989. – 48 p. – (CAVO-verslag ; N 105).
8. Велкова, Н. И. Урожайность и цветение горчицы белой в зависимости от приемов возделывания / Н. И. Велкова, В. П. Наумкин // *Достижения науки – агропромышленному комплексу* : сб. материалов регион. науч.-практ. конф. молодых ученых, аспирантов и студентов, Орел, 27–29 марта 2013 г. / Орл. гос. аграр. ун-т ; редкол.: В. И. Зотиков [и др.]. – Орел, 2013. – С. 50–52.
9. Томаев, Х. Р. Влияние срока уборки и послеуборочной обработки на качество семян озимого рапса при хранении / Х. Р. Томаев, Ц. А. Хекилаев, Б. А. Датиева // *Достижения науки – сельскому хозяйству* : материалы Всерос. науч.-практ. конф., Владикавказ, 2–3 окт. 2017 г. / *Гор. гос. аграр. ун-т* ; редкол.: В. Х. Темираев (отв. ред.) [и др.]. – Владикавказ, 2017. – С. 225–227.
10. Petrova, I. *Postharvest handling and storage of rapeseed* / I. Petrova, B. Vojilov // *Селскостопанска наука.* – 2010. – Vol. 43, N 6. – P. 7–20.
11. Использование пленочных электронагревателей для повышения эффективности послеуборочной обработки семян рапса / В. М. Попов [и др.] // *Достижения науки – агропромышленному производству* : материалы ЛП междунар. науч.-техн. конф., 26–28 янв. 2013 г. : в 8 ч. / *Челяб. гос. агроинженер. акад.* ; редкол.: Н. С. Сергеев [и др.]. – Челябинск, 2013. – Ч. 5. – С. 238–242.
12. Корнилов, И. И. Послеуборочная обработка и хранение семян горчицы сарептской / И. И. Корнилов // *Вестн. Саратов. гос. аграр. ун-т им. Н. И. Вавилова.* – 2006. – № 5. – С. 15–18.
13. Совершенствование технологии послеуборочной обработки и хранения семян рапса / Е. К. Давиденко [и др.] // *Техн. культуры.* – 1991. – № 5. – С. 41–43.
14. Перекопский, А. Н. Результаты исследования уборки и послеуборочной обработки высоковлажных семян рапса / А. Н. Перекопский, А. Н. Власенков, С. В. Чугунов // *Изв. С.-Петерб. гос. аграр. ун-та.* – 2011. – № 23. – С. 456–460.
15. Ревякин, Е. Л. Послеуборочная обработка семян рапса и сурепицы / Е. Л. Ревякин // *Техн. культуры.* – 1988. – № 5. – С. 19–20.
16. Перекопский, А. Н. Технологические особенности процессов уборки и послеуборочной обработки семян рапса в условиях Ленинградской области / А. Н. Перекопский, С. В. Чугунов, А. Н. Власенков // *Сб. науч. тр. / Сев.-Зап. науч.-исслед. ин-т механизации и электрификации сел. хоз-ва.* – СПб., 2009. – Вып. 81 : *Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства.* – С. 57–61.

17. Почицкая, И. М. Продление срока хранения маслосемян рапса / И. М. Почицкая, И. Е. Лобазова // Инновационные технологии в пищевой промышленности : материалы X Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 5–6 окт. 2011 г. : в 2 ч. / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по продовольствию ; редкол.: В. Г. Гусаков [и др.]. – Минск, 2011. – Ч. 2. – С. 222–228.
18. Карпович, Н. Теоретические основы эффективности производства и переработки маслосемян рапса / Н. Карпович // Аграр. экономика. – 2010. – № 6. – С. 45–52.
19. Effect of storage temperature on rapeseed quality / T. Brlek Savic [et al.] // *Agriculturae Conspectus Scientificus*. – 2009 – Vol. 74, N3. – P. 143–147.
20. Петрова, И. Съхранение на рапица с активно проветряване / И. Петрова, Б. Божилов, П. Марков // Науч. трудове / Аграрен унив. – Пловдив, 2010. – Т. LV, кн. 1. – С. 51–56.
21. Ленчевский, И. Ю. Хранение рапса в странах ЕЭС / И. Ю. Ленчевский // Техн. культуры. – 1988. – № 5. – С. 47–48.
22. Жакова, К. И. К вопросу о послеуборочном дозревании маслосемян рапса и горчицы / К. И. Жакова, В. Н. Бабодей, А. В. Пчельникова // Пищевая пром-сть: наука и технологии. – 2017. – № 4 (38). – С. 55–59.
23. Золотарев, В. Н. Послеуборочное дозревание семян вики мохнатой / В. Н. Золотарев, С. В. Серегин // Аграр. наука. – 2006. – № 4. – С. 22–23.
24. Послеуборочное дозревание семян сои / А. Н. Лисицын [и др.] // Масложировая пром-сть. – 2008. – № 3. – С. 18–19.
25. Послеуборочное дозревание и хранение высокомасличного подсолнечника / В. В. Ключкин [и др.] // Масложировая пром-сть. – 1980. – № 11. – С. 12–17.
26. Иваницкий, С. Б. Исследование комплекса связанных липидов высокомасличного подсолнечника при послеуборочной обработке и хранении в связи с условиями их технологической переработки : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.06 / С. Б. Иваницкий ; Краснодар. политехн. ин-т. – Краснодар, 1972. – 24 с.
27. Минакова, А. Д. Биохимические изменения белков при хранении семян подсолнечника / А. Д. Минакова, В. Г. Щербаков, В. Г. Лобанов // Изв. высш. учеб. заведений. Пищевая технология. – 1996. – № 1–2. – С. 16–18.
28. Мустафаев, С. К. Влияние физических методов воздействия на послеуборочное дозревание и ферментативную активность семян подсолнечника / С. К. Мустафаев, А. А. Шаizzo // Новые технологии. – 2012. – № 1. – С. 45–47.
29. Семёнов, В. С. Биохимическое обоснование технологии послеуборочной обработки семян подсолнечника : дис. ... канд. техн. наук : 03.00.04 / В. С. Семёнов. – Краснодар, 2000. – 138 л.
30. Мустафаев, С. К. Влияние начальной влажности семян подсолнечника на процессы послеуборочного дозревания и хранения / С. К. Мустафаев, А. А. Шаizzo // Новые технологии. – 2011. – № 3. – С. 48–51.
31. Щербаков, В. Г. Изменение активности окислительно-восстановительных ферментов семян сортового и гибридного подсолнечника при различных условиях старения / В. Г. Щербаков, А. И. Гаманченко, В. Г. Лобанов // Изв. высш. учеб. заведений. Пищевая технология. – 1994. – № 3–4. – С. 11–12.

## References

1. Zotova E. Ju. Formation of the yield and quality of white mustard seeds on sod-podzolic soils of the Upper Volga region. Abstract of doctoral thesis in agriculture. Moscow, 2005. 24 p. (in Russian).
2. Ivantsova E. A. Peculiarities and technologies of brown mustard cultivation. *Zernovoe khozyaistvo* [Grain Economy], 2004, no. 7, pp. 26–27 (in Russian).
3. Kushnir A. S., Shatrykin A. A. Peculiarities of the technology of brown mustard cultivation for seeds. *Nauchno-agronomicheskii zhurnal* [Scientific and Agronomic Journal], 2013, no. 1, pp. 27–29 (in Russian).
4. Kryuchkov M. M., Smertenkov I. V. White mustard and rape as important elements in agriculture biologization. *Zdorovaya okruzhayushchaya sreda – osnova bezopasnosti regionov: sbornik trudov pervogo mezhdunarodnogo ekologicheskogo foruma v Ryazani, Ryazan', 11–13 maya 2017 g.* [Healthy environment is the basis of regional security. The collection of works of the first international ecological forum in Ryazan, Ryazan, May 11–13, 2017]. Ryazan, 2017, vol. 1, pp. 228–231 (in Russian).
5. Naumkin V. P., Velkova N. I. Influence of agricultural methods on the yield of white mustard. *Nauka i obrazovanie XXI veka: materialy vtoroi Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Ryazan', 29 oktyabrya 2008 g.* [Science and Education of the XXI Century. Materials of the Second International Scientific and Practical Conference, Ryazan, October 29, 2008]. Ryazan, 2008, vol. 2, pp. 43–45 (in Russian).
6. Gushchina V. A., Lykova A. S. *Formation of the yield and quality of spring rape oilseeds in the forest-steppe of the Middle Volga Region*. Penza, Penza State Agricultural Academy, 2015. 188 p. (in Russian).
7. Jaarsma J. *Olievorming en oliekwaliiteit bij koolzaad : een literatuurstudie. Ser. CABO-verslag; nr. 105* [Oil formation and oil quality in rape seed : a literature study. Ser. CABO-verslag; no. 105]. Wageningen, Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek, 1989. 48 p. (in German).
8. Velkova N. I., Naumkin V. P. Yield and flowering of white mustard depending on the methods of cultivation. *Dostizheniya nauki – agropromyshlennomu kompleksu: sbornik materialov regional'noi nauchno-prakticheskoi konferentsii molodykh uchenykh, aspirantov i studentov, Orel, 27–29 marta 2013 g.* [Achievements of science to agro-industrial complex: a collection of materials of the regional scientific and practical conference of young scientists, postgraduates and students, Orel, March 27–29, 2013]. Orel, 2013, pp. 50–52 (in Russian).
9. Tomaev Kh. R., Khekilaev Ts. A., Datieva B. A. Influence of harvest time and post-harvest processing on the quality of winter rapeseed during storage. *Dostizheniya nauki – sel'skomu khozyaistvu: materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi*

*konferentsii, Vladikavkaz, 2–3 oktyabrya 2017 g.* [Achievements of science to agriculture: materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference, Vladikavkaz, October 2–3, 2017]. Vladikavkaz, 2017, pp. 225–227 (in Russian).

10. Petrova I., Bojilov B. Postharvest handling and storage of rapeseed. *Селскостопанска наука = Agricultural Science*, 2010, vol. 43, no. 6, pp. 7–20 (in Bulgarian).

11. Popov V. M., Shukshina E. I., Afon'kina V. A., Gorbat'ko A. V. Use of membranous electric heaters for the increase of the efficiency of rapeseed post-harvest processing. *Dostizheniya nauki – agropromyshlennomu proizvodstvu: materialy LII mezhdunarodnoi nauchno-tekhnikeskoj konferentsii, 26–28 yanvarya 2013 g.* [Achievements of science to agro-industrial production: materials of the LII International Scientific and Technical Conference, January 26–28, 2013]. Chelyabinsk, 2013, pt. 5, pp. 238–242 (in Russian).

12. Kornilov I. I. Processing and storage of sareptskaya mustard seeds. *Vestnik Saratovskogo gosagrouniversiteta im. N. I. Vavilova = The Bulletin Saratov State Agrarian University in honor of N. I. Vavilov*, 2006, no. 5, pp. 15–18 (in Russian).

13. Davidenko E. K., Zhuravlev A. I., Buryak A. N., Onishchenko T. A. Improvement of the technology of post-harvest processing and storage of rapeseed. *Tekhnicheskie kul'tury* [Technical Crops], 1991, no. 5, pp. 41–43 (in Russian).

14. Perekopskii A. N., Vlasenkov A. N., Chugunov S. V. Results of the study harvesting and post harvest processing of high humidity rapeseeds. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*, 2011, no. 23, pp. 456–460 (in Russian).

15. Revyakin E. L. Post-harvest processing of seeds of rape and bird rape. *Tekhnicheskie kul'tury* [Technical Crops], 1988, no. 5, pp. 19–20 (in Russian).

16. Perekopskii A. N., Chugunov S. V., Vlasenkov A. N. Technological features of harvesting and post-harvest processing of rapeseed in the conditions of Leningrad Region. *Sbornik nauchnykh trudov Severo-Zapadnogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mekhanizatsii i elektrifikatsii sel'skogo khozyaistva* [Collection of scientific works of the North-West Scientific Research Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture]. St. Petersburg, 2009, iss. 81, pp. 57–61 (in Russian).

17. Pochitskaya I. M., Lobazova I. E. Extension of oil rapeseed storage period. *Innovatsionnye tekhnologii v pishchevoi promyshlennosti: materialy X Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Minsk, 5–6 oktyabrya 2011 g.* [Innovative technologies in food industry: materials of the X International Scientific and Practical Conference, Minsk, October 5–6, 2011]. Minsk, 2011, pt. 2, pp. 222–228 (in Russian).

18. Karpovich N. Theoretical bases of production efficiency and processing of oil rapeseed. *Agrarnaya ekonomika = Agrarian Economics*, 2010, no. 6, pp. 45–52 (in Russian).

19. Brlek Savić T., Krička T., Voća N., Jurišić V., Matin A. Effect of storage temperature on rapeseed quality. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 2009, vol. 74, no. 3, pp. 143–147.

20. Petrova I., Bozhilov B., Markov P. Storage of rapeseed with aeration. *Nauchni trudove Agraren universitet Plovdiv = Scientific Works Agricultural University Plovdiv*, 2010, vol. 55, bk. 1, pp. 51–56 (in Bulgarian).

21. Lenchevskii I. Yu. Rape storage in the EEC countries. *Tekhnicheskie kul'tury* [Technical Crops], 1988, no. 5, pp. 47–48 (in Russian).

22. Zhakova K. I., Babodei V. N., Pchel'nikova A. V. To the question of post-harvest ripening of rape and mustard oil-seeds. *Pishchevaya promyshlennost': nauka i tekhnologii* [Food Industry: Science and Technology], 2017, no. 4 (38), pp. 55–59 (in Russian).

23. Zolotarev V. N., Seregin S. V. Post-harvest ripening of hairy vetch seeds. *Agrarnaya nauka = Agrarian Science*, 2006, no. 4, pp. 22–23 (in Russian).

24. Lisitsyn A. N., Bykova S. F., Davidenko E. K., Minasyan N. M. After-harvesting ripening of soya seeds. *Maslozhirovaya promyshlennost'* [Fat and Oil Processing Industry], 2008, no. 3, pp. 18–19 (in Russian).

25. Klyuchkin V. V., Ksandopulo S. Yu., Arutyunyan N. S., Kopeikovskii V. M. Post-harvest ripening and storage of high oleaginous sunflower. *Maslozhirovaya promyshlennost'* [Fat and Oil Processing Industry], 1980, no. 11, pp. 12–17 (in Russian).

26. Ivanitskii S. B. *Research of a complex of bound lipids of high oleaginous sunflower during post-harvest processing and storage in connection with the conditions of their technological processing.* Abstract of doctoral thesis in engineering. Krasnodar, 1972. 24 p. (in Russian).

27. Minakova A. D., Shcherbakov V. G., Lobanov V. G. Biochemical changes in proteins during sunflower seed storage. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Pishchevaya tekhnologiya = News of Institutes of Higher Education. Food Technology*, 1996, no. 1–2, pp. 16–18 (in Russian).

28. Mustafaev S. K., Shazzo A. A. The influence of physical methods of impact on post-harvest ripening and enzymatic activity of sunflower seeds. *Novye tekhnologii = New Technologies*, 2012, no. 1, pp. 45–47 (in Russian).

29. Semenov V. S. *Biochemical substantiation of the technology of post-harvest treatment of sunflower seeds.* Doctoral thesis in engineering. Krasnodar, 2000. 138 p. (in Russian).

30. Mustafaev S. K., Shazzo A. A. Influence of the initial humidity of sunflower seeds on the processes of post-harvest ripening and storage. *Novye tekhnologii = New Technologies*, 2011, no. 3, pp. 48–51 (in Russian).

31. Shcherbakov V. G., Gamanchenko A. I., Lobanov V. G. Change in the activity of redox enzymes of varietal and hybrid sunflower seeds under different aging conditions. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Pishchevaya tekhnologiya = News of Institutes of Higher Education. Food Technology*, 1994, no. 3–4, pp. 11–12 (in Russian).

### Информация об авторах

*Ловкис Зенон Валентинович* – член-корреспондент, доктор технических наук, профессор, генеральный директор, Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию (ул. Козлова, 29, 220037, Минск, Республика Беларусь). E-mail: info@belproduct.com

*Пчельникова Анна Владимировна* – научный сотрудник отдела технологий кондитерской и масложировой продукции, Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию (ул. Козлова, 29, 220037, Минск, Республика Беларусь). E-mail: info@belproduct.com

*Бабодей Валентина Николаевна* – начальник отдела технологий кондитерской и масложировой продукции, Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию (ул. Козлова, 29, 220037, Минск, Республика Беларусь). E-mail: info@belproduct.com

*Жакова Кристина Ивановна* – кандидат технических наук, ученый секретарь, Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию (ул. Козлова, 29, 220037, Минск, Республика Беларусь). E-mail: zhakova@belproduct.com

### Information about the authors

*Lovkis Zenon V.* – Corresponding Member, D.Sc. (Engineering), Professor. The Research and Practical Centre of the National Academy of Sciences of Belarus for Foodstuffs (29 Kozlova Str., Minsk 220037, Republic of Belarus). E-mail: info@belproduct.com

*Pchelnikova Anna V.* – The Research and Practical Centre of the National Academy of Sciences of Belarus for Foodstuffs (29 Kozlova Str., Minsk 220037, Republic of Belarus). E-mail: info@belproduct.com

*Babodey Valentina N.* – The Research and Practical Centre of the National Academy of Sciences of Belarus for Foodstuffs (29 Kozlova Str., Minsk 220037, Republic of Belarus). E-mail: info@belproduct.com

*Zhakova Kristina I.* – Ph.D. (Engineering). The Research and Practical Centre of the National Academy of Sciences of Belarus for Foodstuffs (29 Kozlova Str., Minsk 220037, Republic of Belarus). E-mail: zhakova@belproduct.com