

УДК 633.853:665.3

Поступила в редакцию 22.02.2018
Received 22.02.2018**А.В. Пчельникова, В.Н. Бабодей, К.И. Жакова***РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»,
г. Минск, Республика 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 показателей маслосемян рапса и горчицы сарептской, прошедших и не прошедших послеуборочное дозревание в процессе хранения.

Ключевые слова: маслосемена, рапс, горчица сарептская, послеуборочное дозревание, хранение

A.V. Pchelnikova, V.N. Babodey, K.I. Zhakova*RUE «Scientific-Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus»,
Minsk, Republic of Belarus***STUDY OF THE INFLUENCE OF POSTHARVEST RIPENING
ON THE QUALITY PARAMETERS OF RAPESEED AND SEED
OF BROWN MUSTARD AT THE SUBSEQUENT STORAGE**

Abstract: The increase in the production of vegetable oils necessitates the further improvement of the technology of storing oilseeds. It is known that the formation of the technological quality of oilseeds is closely related to its morphological characteristics, as well as to the characteristics of the biochemical processes occurring in the seeds, depending on the external conditions and the phase of their development. The article contains comparative results of studies of the dynamics of qualitative indicators of rapeseed and seed of brown mustard, which passed and not passed post-harvest ripening in the process of storage.

Keywords: oilseeds, rapeseed, brown mustard, postharvest ripening, storage

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

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, свежесобранная семенная масса характеризуется незавершенностью созревания и в результате этого неустойчивостью к воздействию внешних неблагоприятных факторов при последующем хранении [1].

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. Оно отличается высоким содержанием

ем хлорофиллов, что затрудняет их последующую рафинацию, повышенными значениями кислотного и перекисного числа, что сказывается на снижении их гидролитической и окислительной устойчивости. Полная физиологическая зрелость наступает через некоторое время в процессе его 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 протекать те биохимические процессы, которые начались при его 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 [2]. 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.

Большинство исследований процессов послеуборочного дозревания и хранения проводилось на семенах подсолнечника [3–9]. Основной же масличной культурой в Республике Беларусь является рапс [10, 11]. В последнее время возрос интерес еще к одной масличной культуре из семейства крестоцветных – горчице сарептской [12]. 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.

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 ± 2 %.

Методика проведения эксперимента состоит в следующем: в плотно закрывающийся контейнер наливают 72 % раствор глицерина и аккуратно вставляют туда сетчатый поддон так, чтобы он не касался раствора. Закрытый контейнер выдерживают в холодильнике при температуре 5 ± 2 °С не менее 24 ч. Относительная влажность воздуха внутри контейнера при этом составляет 60 ± 2 % [13]. Концентрацию водного раствора глицерина контролируют по его показателю преломления. После суточной выдержки в контейнер помещают навеску семян и выдерживают при температуре 5 ± 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 (М), влажность (W), а также кислотное (КЧ) и перекисное (ПЧ) числа содержащегося в них масла [14–17].

В ходе работы также определяли содержание в масличных семенах пигментов (каротиноидов (КР) и хлорофиллов (ХЛ) – 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 КЧ и ПЧ [18–22].

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. 1–4.

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

По сравнению с исходными показателями (с поля) в семенах, не прошедших созревание, к концу исследований отмечается потеря в масличности на уровне 1,5 % (семена горчицы) – 2,1 % (семена рапса) (рис. 1).

Таблица 1. Динамика качественных и биохимических показателей семян горчицы сарептской, прошедших послеуборочное дозревание, в процессе хранения
Table 1. Dynamics of qualitative and biochemical indicators of seed of brown mustard which passed post-harvest ripening in the process of storage

Срок хранения, сут.	Показатель							
	W, %	M, %	КЧ, мг КОН/г	ПЧ, ммоль (S O)/кг	A _т , мгКОН/г·ч	A ₃₀ , мЭКВ/г·мин	ХЛ, мг/кг	КР, мг/кг
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

Таблица 2. Динамика качественных и биохимических показателей семян горчицы сарептской, не прошедших послеуборочное дозревание, в процессе хранения
Table 2. Dynamics of qualitative and biochemical indicators of seed of brown mustard which not passed post-harvest ripening in the process of storage

Срок хранения, сут.	Показатель							
	W, %	M, %	КЧ, мг КОН/г	ПЧ, ммоль (S O)/кг	A _т , мгКОН/г·ч	A ₃₀ , мЭКВ/г·мин	ХЛ, мг/кг	КР, мг/кг
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

Таблица 3. Динамика качественных и биохимических показателей семян рапса, прошедших послеуборочное дозревание, в процессе хранения
Table 3. Dynamics of qualitative and biochemical indicators of rapeseed which passed post-harvest ripening in the process of storage

Срок хранения, сут.	Показатель							
	W, %	M, %	КЧ, мг КОН/г	ПЧ, ммоль (SO)/кг	A _p , мгКОН/г·ч	A _{ло} , мЭКВ/г·мин	ХЛ, мг/кг	КР, мг/кг
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

Таблица 4. Динамика качественных и биохимических показателей семян рапса, не прошедших послеуборочное дозревание, в процессе хранения
Table 4. Dynamics of qualitative and biochemical indicators of rapeseed which not passed post-harvest ripening in the process of storage

Срок хранения, сут.	Показатель							
	W, %	M, %	КЧ, мг КОН/г	ПЧ, ммоль (SO)/кг	A _p , мгКОН/г·ч	A _{ло} , мЭКВ/г·мин	ХЛ, мг/кг	КР, мг/кг
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

В тоже время семена, прошедшие дозревание, по уровню маслячности превосходят исходные показатели на 0,07–0,3 % соответственно.

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

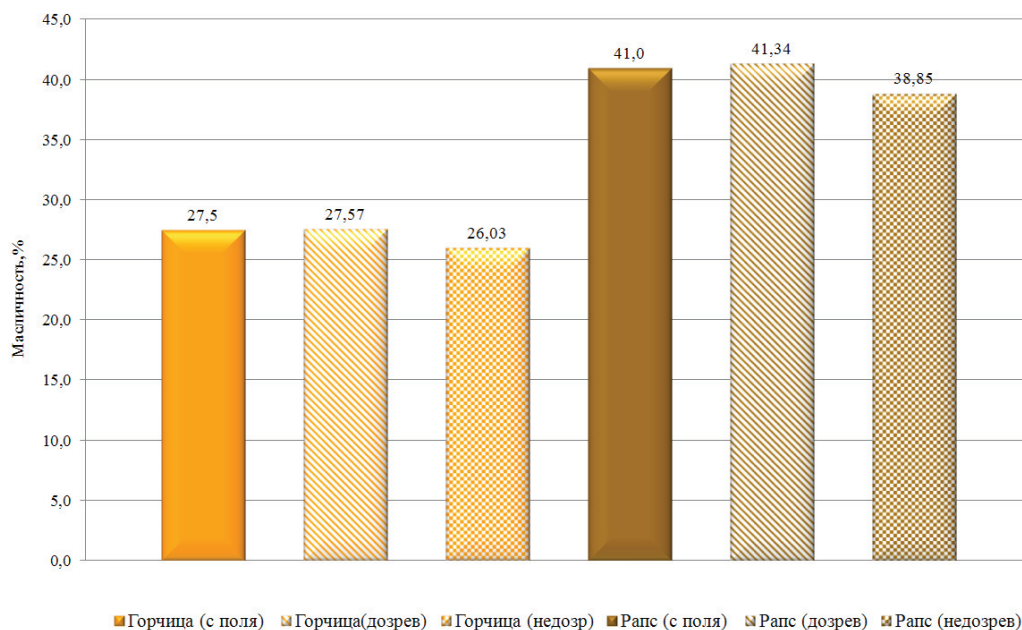


Рис. 1. Изменение масличности маслосемян, прошедших и не прошедших послеуборочное дозревание, по сравнению с исходными показателями через 12 мес. хранения
Fig. 1. Changes in the oil content of oilseeds which passed and not passed post-harvest ripening compared with the initial indicators through 12 months of storage

Исследования показали, что по сравнению с исходными показателями (с поля) во всех семенах к концу хранения наблюдается ухудшение их качественных показателей (рис. 2).

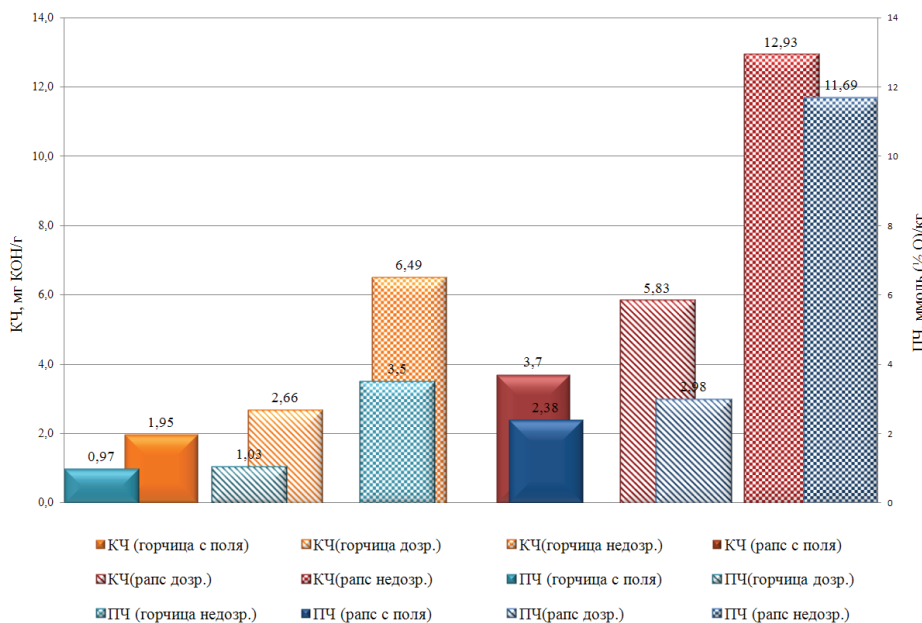


Рис. 2. Изменение кислотного и перекисного числа масел, полученных из маслосемян, прошедших и не прошедших послеуборочное дозревание, по сравнению с исходными показателями через 12 мес. хранения
Fig. 2. Changes in the acid value and peroxide value of oils obtained from oilseeds which passed and not passed post-harvest ripening compared with the initial indicators through 12 months of storage

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 – в 1,57 раза; перекисное число – в 1,06 и 1,25 раза соответственно, поэтому к концу хранения семена 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 по 12 мес. хранения (рис. 3).

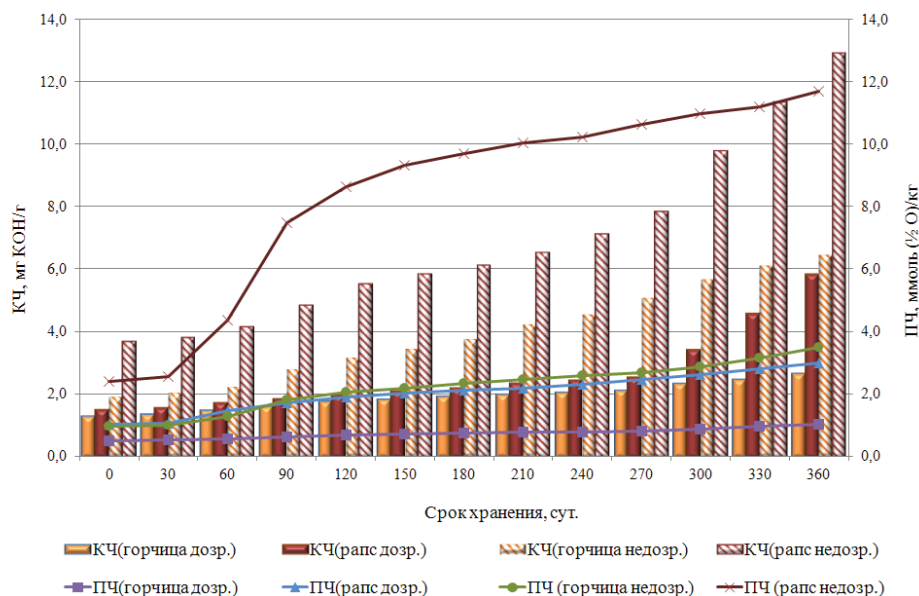


Рис. 3. Динамика кислотного и перекисного числа масел, полученных из маслосемян, прошедших и не прошедших послеуборочное дозревание, в процессе хранения
 Fig. 3. Dynamics of acid value and peroxide value of oils obtained from oilseeds which passed and not passed post-harvest ripening in the process of storage

Исходя из динамики кислотного числа следует, что при температуре хранения $5,0 \pm 2^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха – $60 \pm 2\%$ семена горчицы, не прошедшие созревания, могут безопасно храниться на протяжении 6 мес., семена рапса – только лишь 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 $5,0 \pm 2^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха – $60 \pm 2\%$.

Исследования активности гидролитических и окислительных ферментов, показало, что семена, не прошедшие дозревания, вполне обоснованно характеризуются повышенной активностью катализирующих данные реакции ферментов (рис. 4, 5).

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. 6).

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.

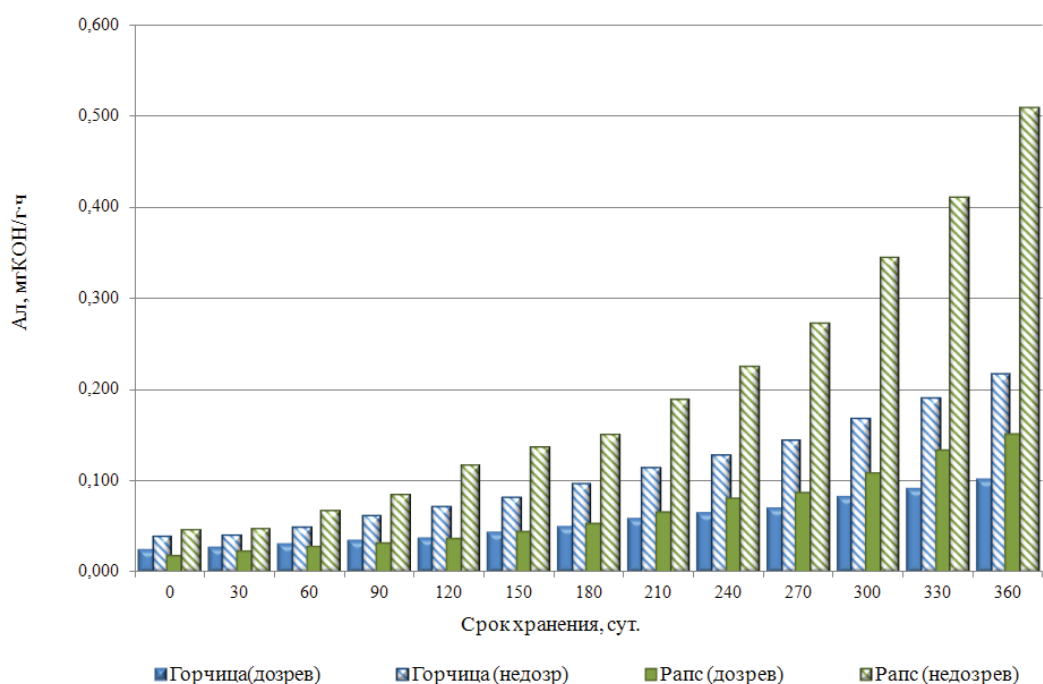


Рис. 4. Динамика активности липазы маслосемян, прошедших и не прошедших послеуборочное дозревание, в процессе хранения

Fig. 4. Dynamics of lipase activity of oilseeds which passed and not passed post-harvest ripening in the process of storage

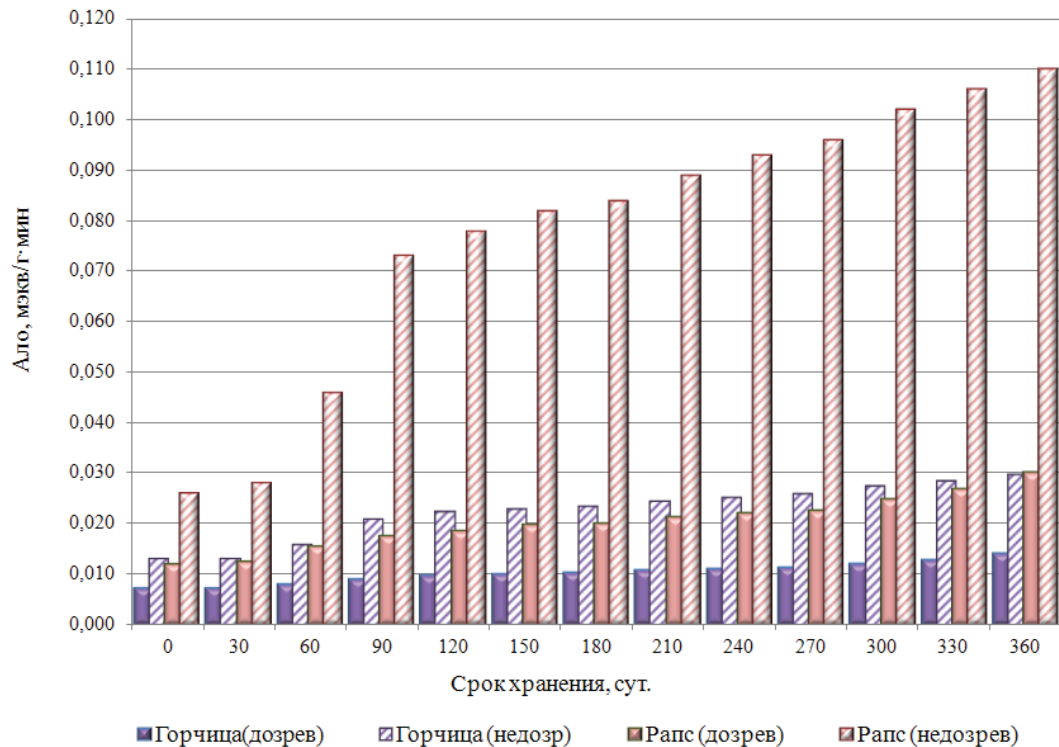


Рис. 5. Динамика активности липоксигеназы маслосемян, прошедших и не прошедших послеуборочное дозревание, в процессе хранения

Fig. 5. Dynamics of lipoxigenase activity of oilseeds which passed and not passed post-harvest ripening in the process of storage

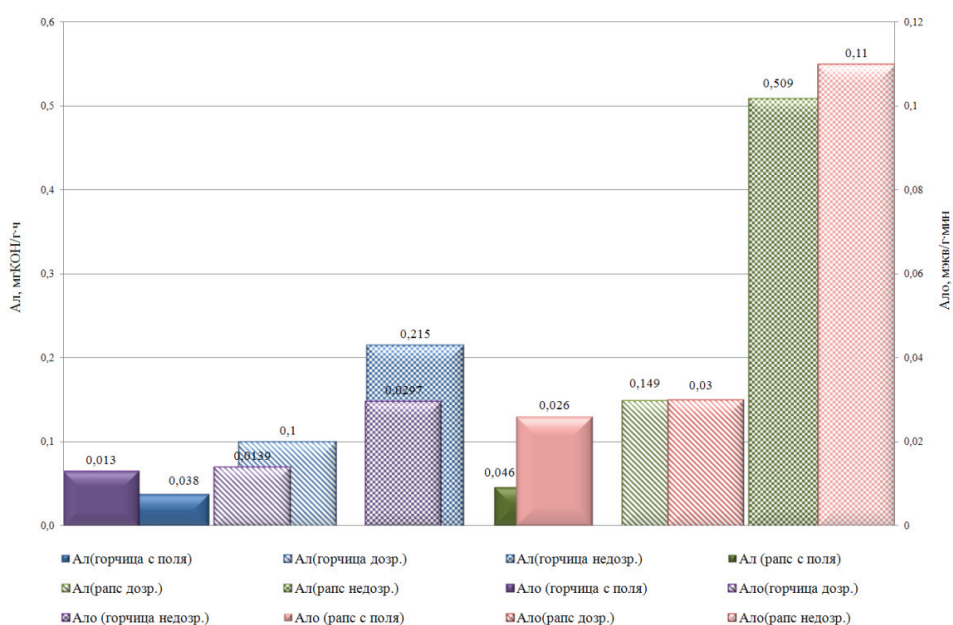


Рис. 6. Изменение активности ферментов маслосемян, прошедших и не прошедших послеуборочное дозревание, по сравнению с исходными показателями через 12 мес. хранения
 Fig. 6. Changes in the activity of the enzymes of oilseeds which passed and not passed post-harvest ripening compared with the initial indicators through 12 months of storage

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. 7).

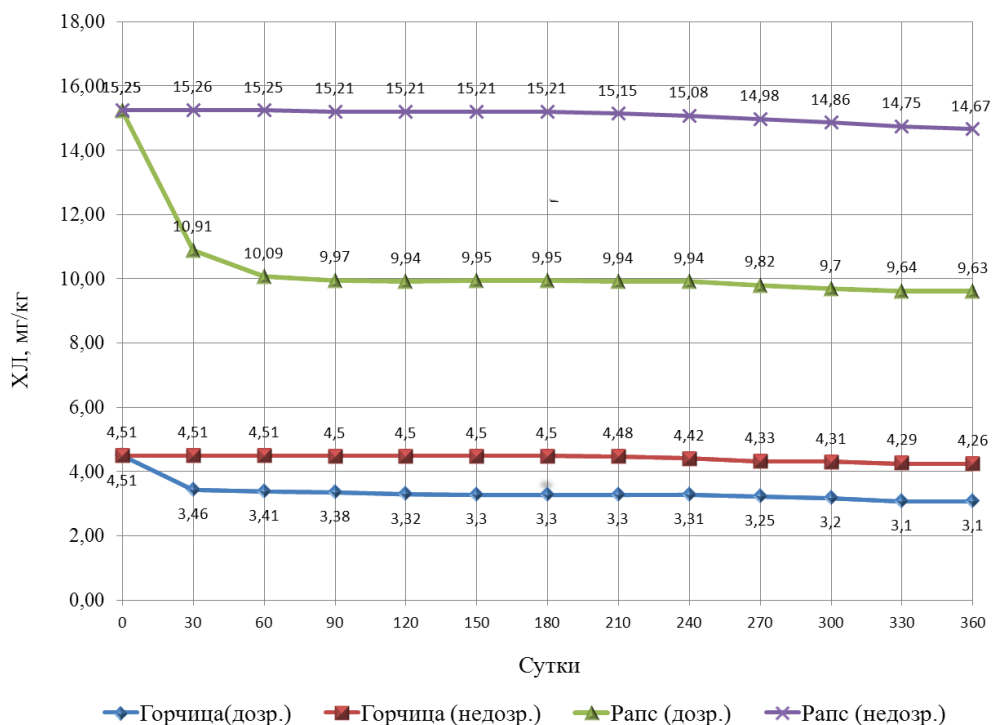


Рис. 7. Изменение содержания хлорофиллов в маслах, полученных из маслосемян, прошедших и не прошедших послеуборочное дозревание, по сравнению с исходными показателями через 12 мес. хранения
 Fig. 7. Change in the content of chlorophylls in oils obtained from oilseeds which passed and not passed post-harvest ripening compared with the initial indicators through 12 months of storage

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 семя достигает 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. 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.

Таким образом, для получения высококачественной масложировой продукции масличные семена должны обязательно пройти процесс дозревания в специально созданных условиях, куда помещают семена 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 свежесобраных 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. 5, 6.

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 (S 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. 8, 9).

Таблица 5. Динамика качественных показателей горчичного масла, полученного из семян прошедших и не прошедших послеуборочное дозревание, в процессе хранения
Table 5. Dynamics of qualitative indicators of mustard oil obtained from seeds which passed and not passed post-harvest ripening in the process of storage

Срок хранения, сут.	Показатель			
	Масло горчичное из свежесобранных семян, не прошедших послеуборочное дозревание		Масло горчичное из семян, прошедших послеуборочное дозревание	
	КЧ, мг КОН/г	ПЧ, ммоль (S O)/кг	КЧ, мг КОН/г	ПЧ, ммоль (S O)/кг
0	2,05	1,72	1,37	1,12
10	2,11	1,79	1,39	1,19
20	2,34	1,92	1,45	1,32
30	2,55	2,17	1,62	1,65
40	2,78	2,55	1,75	2,00
50	3,02	2,99	1,88	2,21
60	3,29	3,39	2,03	2,47
70	3,49	3,72	2,17	2,62
80	3,71	4,01	2,32	2,85
90	3,97	4,21	2,48	3,10
100	4,3	4,32	2,61	3,27
110	4,59	4,50	2,87	3,48
120	5,03	4,70	3,22	3,66
130	5,39	4,87	3,39	3,89
140	5,85	5,00	3,55	4,11
150	6,32	5,17	3,85	4,28
160	6,84	5,36	4,05	4,4
170	7,25	5,57	4,29	4,59
180	7,59	5,76	4,53	4,75
195	8,20	6,28	4,94	5,03
210	9,75	6,68	5,23	5,49
225	10,28	6,93	5,47	5,63
240	11,76	7,05	5,87	5,94
255	12,50	7,21	6,02	6,02
270	13,89	7,39	6,35	6,05

Таблица 6. Динамика качественных показателей рапсового масла, полученного из семян прошедших и не прошедших послеуборочное дозревание, в процессе хранения
Table 6. Dynamics of qualitative indicators of rapeseed oil obtained from seeds which passed and not passed post-harvest ripening in the process of storage

Срок хранения, сут.	Показатель			
	Масло рапсовое из свежесобранных семян, не прошедших послеуборочное дозревание		Масло рапсовое из семян, прошедших послеуборочное дозревание	
	КЧ, мг КОН/г	ПЧ, ммоль (S O)/кг	КЧ, мг КОН/г	ПЧ, ммоль (S O)/кг
0	3,91	2,44	1,72	2,00
10	3,99	2,61	1,75	2,12
20	4,12	2,75	1,75	2,31
30	4,29	3,27	1,85	2,87
40	4,62	4,01	1,98	3,34
50	4,84	4,61	2,19	3,67
60	5,02	5,26	2,32	4,01
70	5,23	5,77	2,56	4,46
80	5,47	6,32	2,71	5,12

Окончание табл. 6

Срок хранения, сут.	Показатель			
	Масло рапсовое из свежубранных семян, не прошедших послеуборочное дозревание		Масло рапсовое из семян, прошедших послеуборочное дозревание	
	КЧ, мг КОН/г	ПЧ, ммоль (S O)/кг	КЧ, мг КОН/г	ПЧ, ммоль (S O)/кг
90	5,83	6,95	2,96	5,73
100	6,15	7,55	3,21	6,10
110	6,45	7,89	3,56	6,37
120	6,78	8,34	3,72	6,70
130	7,10	8,73	3,97	7,03
140	7,41	9,25	4,35	7,29
150	7,84	9,70	4,59	7,69
160	8,11	10,05	4,78	7,93
170	8,45	10,43	4,91	8,31
180	8,72	10,85	5,15	8,50
195	9,59	12,60	5,67	8,93
210	10,17	13,49	6,05	9,60
225	11,19	14,68	6,43	10,35
240	11,67	15,33	6,95	10,78
255	12,33	15,85	7,43	11,44
270	12,99	16,05	7,54	11,93

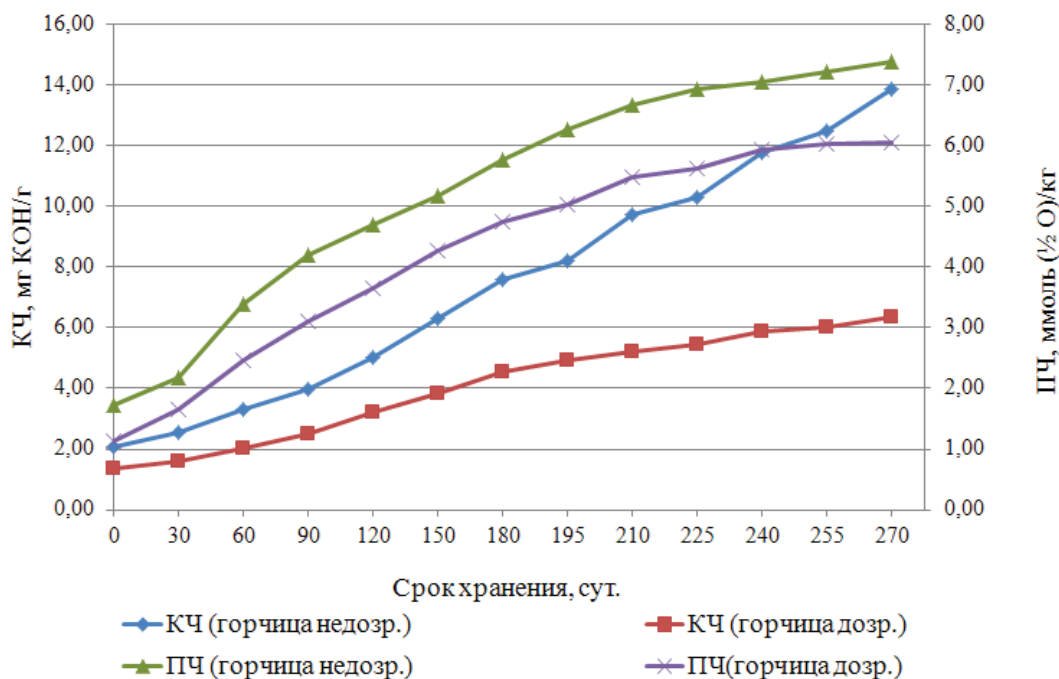


Рис. 8. Динамика кислотного и перекисного числа горчичного масла, полученного из семян прошедших и не прошедших послеуборочное дозревание, в процессе хранения

Fig. 8. Dynamics of acid value and peroxide value of mustard oil obtained from seeds which passed and not passed post-harvest ripening in the process of storage

Так, несмотря на приемлемое перекисное число, по показателю кислотное число горчичное масло, полученное из свежубранных семян, уже через 90 дней хранения не соответствовало требованиям безопасности, предъявляемым к пищевым нерафинированным маслам. Масло рапсовое, полученное из свежубранных маслосемян, не прошедших дозревание, также через 3 мес. хранения не годится для промпереработки на пищевые цели и может использоваться только в качестве технического.

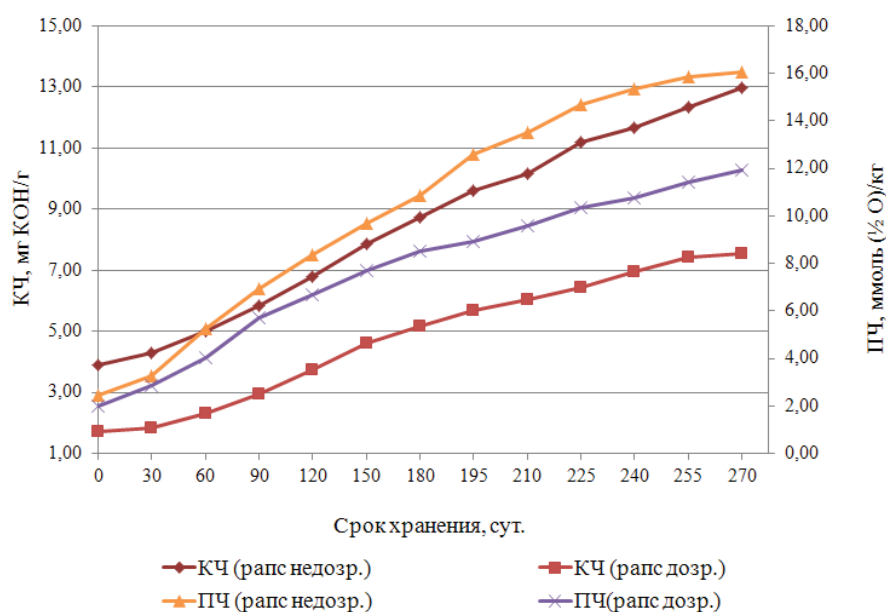


Рис. 9. Динамика кислотного и перекисного числа рапсового масла, полученного из семян прошедших и не прошедших послеуборочное дозревание, в процессе хранения
 Fig. 9. Dynamics of acid value and peroxide value of rapeseed oil obtained from seeds which passed and not passed post-harvest ripening in the process of storage

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.

Таким образом, 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, протекающем 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.

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

Acknowledgements. The research described in this work was carried out within the framework of the state research program «Quality and efficiency of agro-industrial production» for 2016–2020 (subprogram «Food security»).

Список использованных источников

1. Пилипюк, В.Л. Технология хранения зерна и семян / В.Л. Пилипюк. – Саратов: Вузовский учебник, 2009. – 310 с.
2. Акаева, Т.К. Основы химии и технологии получения и переработки жиров. Ч.1. Технология получения растительных масел: Учеб.пособие/ Т.К. Акаева, С.Н. Петрова. – Иваново: ГОУВПО Иван. Гос. Хим.-технол. Ун-т, 2007. – 124 с.

3. Ключкин, В.В. Послеуборочное дозревание и хранение высокомасличного подсолнечника / В.В. Ключкин, С.Ю. Ксандопуло, Н.С. Арутюнян, В.М. Копейковский // Масложировая промышленность. – 1980. – № 11. – С. 12–17.
4. 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.
5. Минакова, А.Д. Биохимические изменения белков при хранении семян подсолнечника / А.Д. Минакова, В.Г. Щербаков, В.Г. Лобанов // Известия высших учебных заведений. Пищеваятехнология. – 1996. – № 1–2. – С. 16–18.
6. Мустафаев, С.К. Влияние физических методов воздействия на послеуборочное дозревание и ферментативную активность семян подсолнечника / С.К. Мустафаев, А.А. Шаззо // Новые технологии. – 2012. – № 1. – С. 45–47.
7. Семёнов, В.С. Биохимическое обоснование технологии послеуборочной обработки семян подсолнечника: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 03.00.04 / В.С. Семёнов. – Кубанский государств. технологич. ун-т. – Краснодар, 2000. – 138 с.
8. 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 // Известия высших учебных заведений. Пищеваятехнология. – 1994. – № 3–4. – С. 11–12.
9. Мустафаев, С.К. Влияние начальной влажности семян подсолнечника на процессы послеуборочного дозревания и хранения / С.К. Мустафаев, А.А. Шаззо // Новые технологии. – 2011. – № 3. – С. 48–51.
10. Шаганов, И.А. Рапсовое поле Беларуси :практ. Рук. По освоению интенсивн. Технологии возделывания озимого рапса на маслосемена / И.А. Шаганов. – Минск: «Равноденствие», 2008. – 70 с.
11. Маслосемена рапса. Требования при заготовках и поставках. Технические условия: СТБ 1398-2003. – Введ. 01.09.2003. – Минск: Госстандарт: Белорус. Гос. Ин-т стандартизации и сертификации, 2003. – 12 с.
12. Семена горчицы (промышленное сырье).Требования при заготовках и поставках: ГОСТ 9159-71. – Введ. 01.07.1972. – Минск: Госстандарт: Бело-рус. Гос. Ин-т стандартизации и сертификации, 1972. – 8 с.
13. Пластмассы. Небольшие контейнеры для кондиционирования и испытания с использованием водных растворов для поддержания постоянного значения относительной влажности: ГОСТ 29244-91. – Введ. 01.01.1993. – Минск: Госстандарт: Белорус. Гос. Ин-т стандартизации и сертификации, 1993. – 16 с.
14. Семена масличные. Метод определения влажности: ГОСТ 10856-96. – Введ. 01.10.1997. – Минск: Госстандарт: Белорус. Гос. Ин-т стандартизации и сертификации, 1997. – 8 с.
15. Семена масличные. Методы определения масличности: ГОСТ 10857-64. – Введ. 01.10.1997. – Минск : Госстандарт: Белорус. Гос. Ин-т стандартизации и сертификации, 1997. – 8 с.
16. Масла растительные. Методы определения кислотного числа: ГОСТ 31933-2012. – Введ. 01.02.2016. – Минск : Госстандарт: Белорус. Гос. Ин-т стандартизации и сертификации, 2015. – 12 с.
17. Масла растительные и жиры животные. Метод определения перекисного числа: СТБ ГОСТ Р 51487-2001. –Введ. 01.11.2002. – М. : Управление стандартизации и сертификации продукции пищевой, легкой промышленности и сельскохозяйственного производства, 2001. – 12 с.
18. Семена рапса. Определение содержания хлорофилла спектрометрическим методом: ГОСТ Р 51485-99. – Введ. 01.01.2001.– 9 с.
19. Физиология растений : лабораторный практикум для студентов биологического факультета [Электронный ресурс] / А.П. Кудряшов [и др.]. – Минск : БГУ, 2011. – 76 с.
20. Никитенко, А.И. Методические особенности определения активности липаз в семенах рапса / А.И. Никитенко, В.Н. Леонтьев, В.С. Болтовский // Труды БГТУ. –2011. – №4 (142). – С. 190–193.

21. Ермаков, А.И. Методы биохимического исследования растений / А.И. Ермаков, В.В. Арасимович, Н.П. Ярош. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л. : Колос, 1972. – 456 с.
22. Петров, К.П. Методы биохимии растительных продуктов / К.П. Петров. – Киев: «Вища школа», 1978. – 224 с.

References

1. Pilipjuk V.L. Tehnologija hranenija zerna i semjan [Technology of storage of grain and seeds]. Saratov, Vuzovskij uchebnik, 2009, 310 p. (In Russian).
2. Akaeva T.K. Osnovy himii i tehnologii poluchenija i pererabotki zhirov. Ch.1. Tehnologija poluchenija rastitel'nyh masel: Ucheb.posobie [Fundamentals of chemistry and technology of obtaining and processing of fats. P.1. Technology of obtaining vegetable oils: Textbook]. Ivanovo, Ivan. Gos. Him.-tehnol. Un-t, 2007. 124 p. (In Russian).
3. Kljuchkin V.V. Posleuborochnoe dozrevanie i hranenie vysokomaslichnogo pod-solnechnika [Post-harvest ripening and storage of high-oil sunflower]. Maslozhir. prom-st' [Oil and fat industry], 1980, vol. 11, pp.12–17 (In Russian).
4. Ivanickij S.B. Issledovanie kompleksa svjazannyh lipidov vysokomaslichnogo podsolnechnika pri posleuborochnoj obrabotke i hranenii v svjazi s uslovijami ih tehnologicheskoj pererabotki: avtoref. dis. [Investigation of the complex of bound lipids of high-pass-personal sunflower in post-harvest processing and storage in connection with the conditions of their technological processing: dissertation abstract]. Krasnodar. politehn. in-t – Krasnodar, 1972, 24 p. (In Russian).
5. Minakova A.D. Biohimicheskie izmenenija belkov pri hranenii semjan podsolnechnika [Biochemical changes of proteins during storage seeds of sunflower]. Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Pishhevaja tehnologija [News of higher educational institutions. Food technology], 1996, vol. 1–2, pp. 16–18 (In Russian).
6. Mustafaev S.K. Vlijanie fizicheskikh metodov vozdeystvija na posleuborochnoe dozrevanie i fermentativnuju aktivnost' semjan podsolnechnika [Influence of physical methods of influence on post-harvest ripening and enzymatic activity seeds of sunflower]. Novye tehnologii [New technologies], 2012, vol. 1. pp. 45–47 (In Russian).
7. Semjonov V.S. Biohimicheskoe obosnovanie tehnologii posleuborochnoj obrabotki semjan podsolnechnika: avtoref. dis. [Biochemical rationale for technology of post-harvest processing seeds of sunflower: dissertation abstract]. Kubanskij gosudarstv. tehnologich. un-t, Krasnodar, 2000, 138 p. (In Russian).
8. Shherbakov V.G. Izmenenie aktivnosti oksiditel'no-vosstanovitel'nyh fermentov semjansortovogo i gibridnogo podsolnechnika pri razlichnyh uslovijah starenija [Changes in the activity of redox enzymes of seeds of varietal and hybrid sunflower under different aging conditions]. Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Pishhevaja tehnologija [News of higher educational institutions. Food technology], 1994, vol. 3-4, pp. 11–12 (In Russian).
9. Mustafaev S.K. Vlijanie nachal'noj vlazhnosti semjan podsolnechnika na processy posleuborochnogo dozrevanija i hranenija [The influence of the initial moisture content seeds of sunflower on the processes of post-harvest ripening and storage]. Novye tehnologii [New technologies], 2011, № 3. pp. 48–51 (In Russian).
10. Shaganov I.A. Rapsvoe pole Belarusi : prakt. Ruk. Po osvoeniju intensivn. Tehnologii vzdelyvanija ozimogo rapsa na maslosemena [Rapeseed field of Belarus: a practical guide to the development of intensive technology of cultivation of winter rapeseed on oilseeds]. Minsk, «Ravnodenstvie», 2008, 70 p. (In Russian).
11. Maslosemena rapsa. Trebovanija pri zagotovkah i postavkah. Tehnicheskie uslovija: STB 1398-2003. – Vved. 01.09.2003. [Oilseed rape. Requirements at preparations and deliveries. Specifications: STB 1398-2003]. Minsk, Gosstandart: Belarusian. Gos. Institute of Standardization and Certification, 2003, 12 p. (In Russian).
12. Semena gorchicy (promyshlennoe syr'e). Trebovanija pri zagotovkah i postavkah: GOST 9159-71. – Vved. 01.07.1972 [Seeds of mustard (industrial raw materials). Requirements in the procurement and supply of: GOST 9159-71]. Minsk, Gosstandart: Belarusian. Gos. Institute of Standardization and Certification, 1972, 8 p. (In Russian).

13. Plastmassy. Nebol'shie kontejnery dlja kondicionirovanija i ispytaniya s ispol'zovaniem vodnyh rastvorov dlja podderzhanija postojannogo znachenija otnositel'noj vlazhnosti: GOST 29244-91. – Vved. 01.01.1993 [Plastics. Small containers for conditioning and testing using aqueous solutions to maintain a constant value of relative humidity: GOST 29244-91]. Minsk, Gosstandart: Belarusian. Gos. Institute of Standardization and Certification, 1993, 16 p. (In Russian).
14. Semena maslichnye. Metod opredelenija vlazhnosti: GOST 10856-96. – Vved. 01.10.1997 [Oil seeds. Method for determination of humidity: GOST 10856-96]. Minsk, Gosstandart: Belarusian. Gos. Institute of Standardization and Certification, 1997, 8 p.
15. Semena maslichnye. Metody opredelenija maslichnosti: (In Russian). GOST 10857-64. – Vved. 01.10.1997 [Oil seeds. Methods for determination of oil content: GOST 10857-64]. Minsk, Gosstandart: Belarusian. Gos. Institute of Standardization and Certification, 1997, 8 p. (In Russian).
16. Masla rastitel'nye. Metody opredelenija kislotnogo chisla: GOST 31933-2012. – Vved. 01.02.2016 [Vegetable oils. Methods for determining the acid value: GOST 31933-2012]. Minsk, Gosstandart: Belarusian. Gos. Institute of Standardization and Certification, 2015, 12 p. (In Russian).
17. Masla rastitel'nye i zhiry zhivotnye. Metod opredelenija perekisnogo chisla: STB GOST R 51487-2001. – Vved. 01.11.2002 [Vegetable oils and animal fats. Method for determination of peroxide number: STB GOST R 51487-2001], M., Department of Standardization and Certification of Food, Light Industry and Agricultural Production, 2001, 12 p. (In Russian).
18. Semena rapsa. Opredelenie soderzhanija hlorofilla spektrometricheskim metodom: GOST R 51485-99. – Vved. 01.01.2001 [Rapeseed. Determination of chlorophyll content by spectrometric method: GOST R 51485-99]. M., 2001, 9 p. (In Russian).
19. Fiziologija rastenij : laboratornyj praktikum dlja studentov biologicheskogo fakul'teta [Elektronnyj resurs] [Physiology of plants: a laboratory workshop for students of the biological faculty [Electronic resource]]. Minsk, BGU, 2011, 76 p. (In Russian).
20. Nikitenko A.I. Metodicheskie osobennosti opredelenija aktivnosti lipaz v semenah rapsa [Methodical features of determining the activity of lipases in rape seeds]. Trudy BGTU, 2011, vol. 4 (142), pp. 190–193 (In Russian).
21. Ermakov A.I. Metody biohimicheskogo issledovanija rastenij [Methods of biochemical research of plants]. L., Kolos, 1972, 456 p. (In Russian).
22. Petrov K.P. Metody biohimii rastitel'nyh produktov [Methods of biochemistry products of plant]. Kiev, «Vishha shkola», 1978, 224 p. (In Russian).

Информация об авторах

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

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

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

Information about authors

Pchelnikova Anna Vladimirovna – Research Fellow of the Department of Confectionery and Fat-and-Oil Products of RUE «Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food» (29 Kozlova street, Minsk 220037, Republic of Belarus). E-mail: info@belproduct.com

Babodey Valentina Nikolaevna – head of the Department of Confectionery and Fat-and-Oil products of RUE «Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus» (29 Kozlova street, Minsk 220037, Republic of Belarus). E-mail: info@belproduct.com

Zhakova Kristina Ivanovna – candidate of Technical Sciences, Scientific Secretary of RUE «Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus» (29 Kozlova street, Minsk 220037, Republic of Belarus). E-mail: zhakova@belproduct.com