

ЛАБОРАТОРНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОСЛЕУБОРОЧНОГО
ДОЗРЕВАНИЯ СЕМЯ СОСНЫ КЕДРОВОЙ СИБИРСКОЙ

Абди Саидов

*Старший преподаватель Каршинского инженерно-экономического
института*

Аннотация: Известно, что существует взаимосвязь между линейными размерами семян, активностью ферментной системы и устойчивостью семян при хранении. Однако влияние разнокачественности свежесобраных семян сосны кедровой сибирской на процессы послеуборочного дозревания, формирующие их качество, не было исследовано в полной мере.

В результате проведенных нами исследований было выявлено, что степень зрелости семян оказывает настолько существенное влияние на устойчивость семян при хранении и качество масла, что становится очевидным целесообразность разработки индивидуальных технологий подготовки семян, различных по своим морфологическим характеристикам, к хранению и переработке.

Ключевые слова: послеуборочное дозревание, хранение семян, качество масла, разнокачественность семян, качество семян сосны кедровой сибирской.

Abstract: It is known that there is a relationship between the linear dimensions of seeds, the activity of the enzyme system and the stability of seeds during storage. However, the influence of different quality of freshly harvested Siberian pine seeds on the post-harvest ripening processes that shape their quality has not been fully studied.

As a result of our research, it was revealed that the degree of seed maturity has such a significant impact on the stability of seeds during storage and the quality of oil that it becomes obvious the feasibility of developing individual technologies for preparing seeds, different in their morphological characteristics, for storage and processing.

Key words: post-harvest ripening, seed storage, oil quality, different quality of seeds, quality of Siberian pine seeds.

ВВЕДЕНИЕ

Качество продуктов переработки растительного сырья в значительной степени зависит не только от первоначального качества сырья, но и от условий его подготовки к хранению и собственно хранения. Так как семена масличных культур убирают в стадии уборочной зрелости, т.е. раньше их полного созревания, свежесобранная семенная масса как биологическая система характеризуется низкой энергией прорастания и всхожестью, повышенной влажностью, в ней продолжают сложные биохимические превращения и, как следствие, семенная масса характеризуется неустойчивостью из-за высокой биохимической активности. Масличные семена могут легко подвергаться

глубоким разрушительным изменениям, что может привести к гибели семян как живых организмов. Для сохранения качества свежесобранных семян необходимо создавать специальные условия, способствующие завершению процессов синтеза и стабилизации качества, т.е. дозреванию. Условия хранения зависят от степени зрелости семян. Этому вопросу посвящены исследования, например, семян подсолнечника [1, 2].

В поступающей на переработку семенной массе кедровых орехов присутствуют семена различной степени зрелости – достигшие физиологической зрелости, недозрелые и незрелые.

Разнокачественность семян, составляющих общую массу, вызывается как естественными причинами (матриальная и экологическая), так и проявляется в результате техногенных воздействий [3, 4].

Как следует из проведенных ранее исследований, существует взаимосвязь между линейными размерами семян, активностью некоторых ферментов и устойчивостью семян при хранении [5, 6, 7].

В то же время влияние разнокачественности свежесобранных семян сосны кедровой сибирской на процессы послепосевного дозревания, формирующие их качество, до сих пор не исследовано. Хотя очевидно, что условия течения биохимических процессов в семенах мелкой и крупной фракций будут различны из-за различий в уровне активности ферментов, обусловленных в первую очередь разной влажностью и формой связи влаги в крупных и мелких семенах.

Получение высококачественного кедрового масла требует технологических решений, исключающих снижение качества масличного сырья в период от уборки до технологической переработки.

Целью исследования являлось изучение зависимости изменения качества масла в семенах сосны кедровой сибирской в процессе их хранения от морфологических характеристик семян, степени и зрелости и влажности.

Объекты и методы исследований Объектами исследований являлись свежесобранные семена сосны кедровой сибирской, произрастающей на территории Кашкадаринской области (Китабский район), урожая 2023 года. Оценку естественной биохимической неоднородности семян проводили по активности ферментного комплекса, оказывающего наибольшее влияние на качество липидов (активности липазы и липоксигеназы), жизнеспособности (всхожести) семян, эквивалентному диаметру семян кедровой сосны сибирской.

Оценку технологического качества семян вели по показателям: кислотное число (КЧ) и перекисное число (ПЧ) масла в семенах, массовой доле сырого жира в ядре семян. Массовую долю липидов определяли путем извлечения их растворителем в аппарате Сокслета, с последующим удалением растворителя, подсушиванием при $(103 \pm 2)^\circ\text{C}$ и взвешиванием (ГОСТ 10857-64).

Кислотное число определяли методом титрования по ГОСТ 31933-2012. Метод основан на растворении масла в эфирно-спиртовой смеси с последующим

титрованием имеющихся свободных жирных кислот водным или спиртовым раствором гидроксида натрия в присутствии индикатора фенолфталеина до слабо-розового окрашивания (ГОСТ 31933).

Перекисное число определяли по ГОСТ 51487-99. Метод основан на реакции взаимодействия продуктов окисления масел и животных жиров (перекисей и гидроперекисей) с йодистым калием в растворе уксусной кислоты и хлороформа с последующим количественным определением выделившегося йода раствором тиосульфата натрия титриметрическим методом (ГОСТ 51487). Активность липазы и липоксигеназы – по А.И. Ермакову [8].

Результаты и их обсуждение Семенная масса, поступающая на перерабатывающие предприятия, представляет собой неоднородную массу, различающуюся влажностью, по степени зрелости и геометрическим размерам. Поскольку в одном районе, как правило, произрастает один род сосны, то геометрические размеры орехов могут характеризовать степень их зрелости.

В табл. 1 представлены обобщенные данные разделения семенной массы кедровых орехов по биохимическим признакам и технологическим критериям. Семена в каждой фракции имеют различную биохимическую характеристику, и изменение их качества при продолжительном хранении будет протекать по-разному.

Анализ данных табл. 1 показал, что наибольшей масличностью и всхожестью обладают крупные семена, это можно объяснить тем, что они, как правило, имеют большую степень зрелости, чем мелкая фракция.

Таблица 1

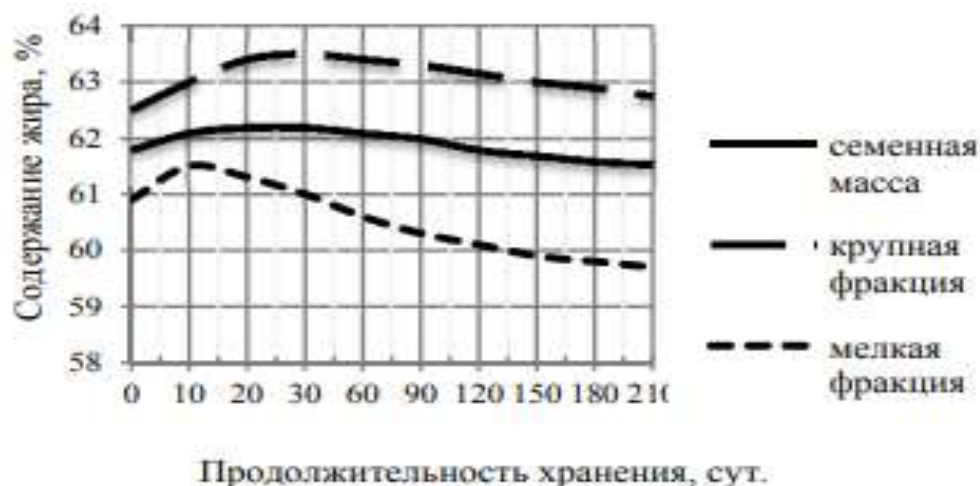
Биохимическая и технологическая характеристики разных фракций семян

Показатель	Смесь	Крупные	Средние	Мелкие
Характеристика семян: - диаметр, мм	7,6±2,0	9,0±0,8	7,2±0,8	6,8±0,5
- масличность ядра, %	62,0±0,1	62,5±0,1	61,5±0,2	60,8±0,2
- влажность семян, %	9,5±0,3	8,9±0,2	9,1±0,1	9,7±0,2
- всхожесть, %	85,0±3,0	93,0±5,0	88,0±3,0	68,0±5,0
Активность ферментов: - липазы, мкмоль С18:1/мг*мин - липоксигеназы, мкмоль	28,2±0,8	28,2±1,2	19,8±0,5	19,8±0,6
С18:1/мг*мин	35,8±1,2	22,7±0,8	48,20±0,9	40,1±1,0
Характеристика масла: - КЧ, мг КОН/г	1,1±0,05	0,85±0,05	0,95±0,05	1,2±0,07

- ПЧ, ммоль активного кислорода / кг	2,8±0,03	2,05±0,02	3,2±0,03	4,1±0,03
--	----------	-----------	----------	----------

Активность ферментов, напротив, вдвое выше у мелкой фракции, что объясняется тем, что в крупной фракции семян биохимические процессы приостановлены, так как влажность в них меньше по сравнению с другими фракциями. В мелкой же фракции все биохимические процессы протекают все еще достаточно интенсивно, а поскольку мелкие семена не достигли состояния уборочной зрелости, то деструктивные процессы (гидролиз и окисление) в них преобладают над процессами, связанными с завершением синтеза запасных веществ, в частности липидов. Это вполне подтверждается уровнем кислотного и особенно перекисного чисел, которое вдвое больше у семян мелкой фракции.

На рис. 1–5 представлена динамика изменения показателей семян кедровой сосны сибирской в процессе хранения в течение 210 суток



Продолжительность хранения, сут.

Рис. 1. Динамика накопления жира в семенной массе и различных фракциях в процессе хранения.

Установлено, что содержание жира во всех фракциях в начальный период хранения увеличивается, причем скорость накопления липидов в мелкой фракции семян в первые сутки выше, чем у крупной и средней фракций, на что указывает угол наклона участка кривой № 3.

Однако период времени, в котором процессы синтеза превалируют над деструктивными процессами, вдвое меньше, чем у крупной фракции семян, и, как следствие, количество липидов, накопленных за 30 суток хранения крупной фракцией после уборки, почти вдвое больше, чем мелкой. Кроме того, скорость разрушения липидов в мелкой фракции семян значительно выше, чем в крупной, что связано с высокой активностью ферментной системы в незрелых семенах.

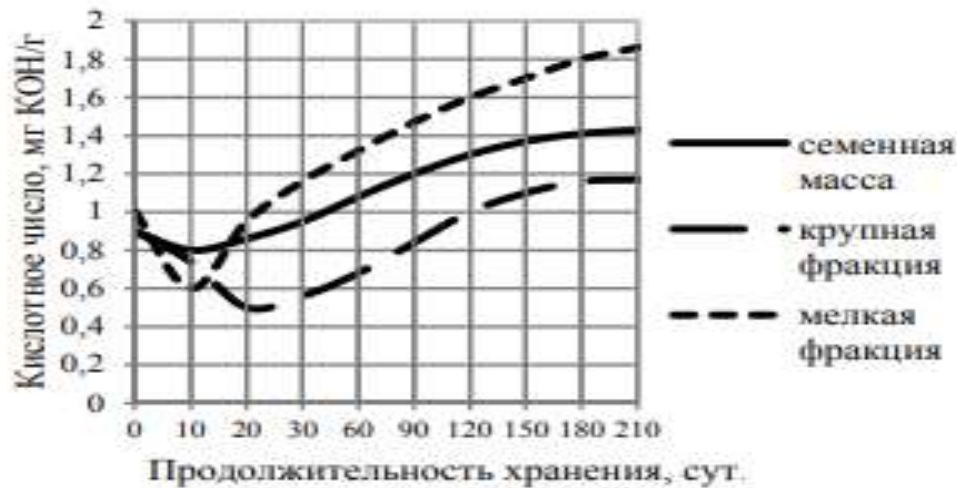


Рис. 2. Изменение кислотного числа масла в семенах во время хранения

Динамика изменения кислотного числа масла в семенах показывает, что в начальный период хранения кислотное число уменьшается во всех фракциях, однако в семенах мелкой фракции этот период вдвое короче, чем в семенах крупной фракции. Не завершив процесс дозревания, семена мелкой фракции проявляют склонность к самосогреванию, причем скорость деструктивных процессов в начальный период самосогревания почти также велика, как и скорость их дозревания в начальный период хранения.

Это свидетельствует о высокой активности как ферментов, участвующих в синтезе, так и ферментов, участвующих в гидролизе глицеридов. Время дозревания крупных семян, в которых свободные жирные кислоты связываются в ацилглицерины, вдвое больше, чем у семян мелкой фракции, и уровень кислотного числа у дозревших семян существенно ниже.

В конце послеуборочного дозревания начинают преобладать разрушительные процессы во всех фракциях семян, но их скорость значительно ниже в крупной фракции, чем в мелкой фракции семян, о чем свидетельствует изменение угла наклона соответствующих кривых. Динамика изменения кислотного числа (рис. 2) и активности липазы (рис. 3) в начальный период хранения семян свидетельствует о преобладании процесса синтеза над процессами гидролиза.

При увеличении продолжительности хранения (более 30 суток) начинают превалировать деструктивные процессы, что подтверждается увеличением кислотного числа (рис. 2).

У крупной фракции семян уровень активности липазы ниже, чем у семян мелкой фракции (кривая 3, рис. 3), что объясняет значительное накопление липидов (почти в 2 раз больше, чем у семян мелкой фракции) в процессе хранения.

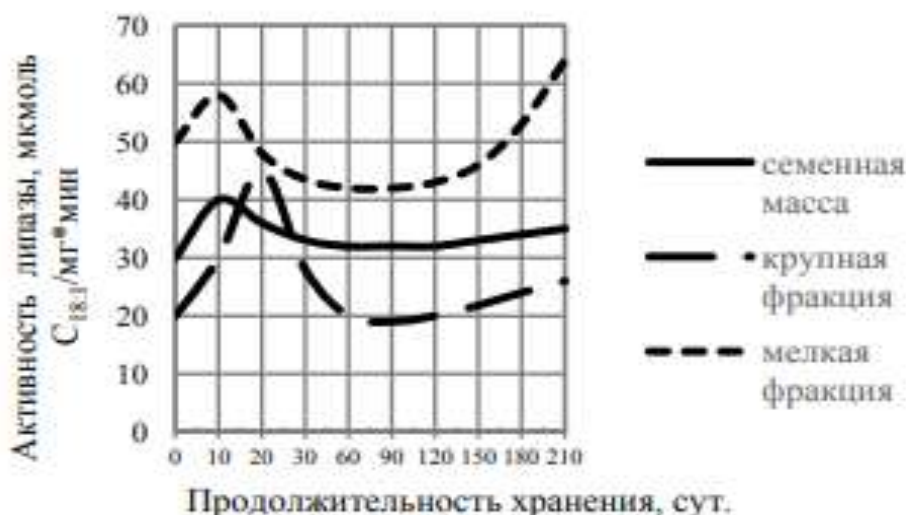


Рис. 3. Изменение активности липазы в семенах во время хранения

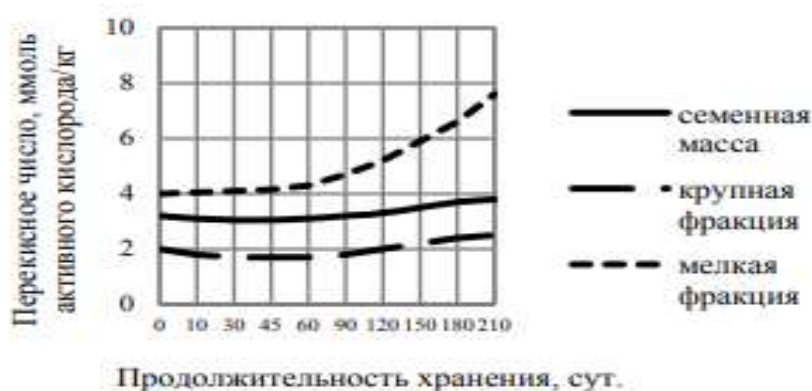


Рис. 4. Изменение перекисного числа масла в семенах во время хранения

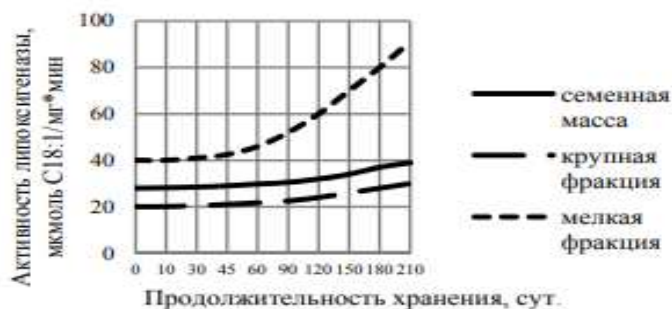


Рис. 5. Зависимость липоксигеназы семян сосны кедровой сибирской от продолжительности хранения

Динамика изменения перекисного числа полностью соответствует динамике изменения активности липоксигеназы (рис. 4 и 5). В первые 60 суток хранения активность липоксигеназы стабильна. При увеличении продолжительности хранения (более 60 суток) активность липоксигеназы возрастает, что совпадает с динамикой изменения перекисного числа. В ходе исследований установлено, что семена кедровой сосны сибирской различных фракций значительно различаются по характеру и интенсивности протекающих в них биохимических процессов.

Анализ кривых свидетельствует, что в семенах мелкой фракции продолжительность послеуборочного дозревания невелика и составляет не более 10–15 дней, что не позволяет управлять процессом послеуборочного дозревания с помощью каких-либо технологических воздействий. В семенах крупной фракции наблюдается не только значительная продолжительность процесса накопления запасных веществ, но и сохранение качества масла в семенах.

Необходимо отметить, что по мере завершения в семенах послеуборочного дозревания увеличивается содержание фосфолипидов, что позволит повысить не только выход масла, но и его биологическую ценность. В исходной семенной массе и мелких семенах наблюдается увеличение содержания фосфолипидов от 0,9 до $(1,1 \pm 0,02)$ % в мелкой фракции семян и почти до $(1,4 \pm 0,02)$ % – в крупной в пересчете на стеароолеолецитин.

Если оценивать продолжительность послеуборочного дозревания по изменению кислотного числа масла и активности липазы, то из полученных данных следует, что послеуборочное дозревание активнее протекает в мелких семенах. При этом можно говорить лишь о кратковременных положительных изменениях.

Дальнейшее хранение характеризуется интенсивной порчей семян при возрастающей активности липазы и липоксигеназы. Такое поведение свежесобраных семян мелкой фракции позволяет считать их очень нестабильными, а положительное изменение кислотного числа из-за кратковременности не дает возможности его практического использования.

Поэтому для мелких свежесобраных семян целесообразны либо хранение, гарантирующее максимальное торможение биохимических процессов, например, тепловая сушка, либо переработка их сразу после фракционирования.

Исходя из вышеизложенного можно сделать следующие выводы и рекомендации:

- семена, отличающиеся друг от друга по линейным размерам при хранении, ведут себя поразному;
- семена, не достигшие уборочной зрелости, при длительном хранении склонны к сплошному самосогреванию;
- семена, достигшие уборочной зрелости, при создании благоприятных условий хранения (очистка семян, оптимальная температура, доступ кислорода воздуха, выведение из семенной массы продуктов метаболизма) способны к послеуборочному дозреванию, которое сопровождается увеличением массовой доли запасных липидов и улучшением показателей качества получаемого кедрового масла.

Таким образом, представляется целесообразным при приемке масличного сырья фракционировать семена по линейным размерам, создавая таким

образом однородные по размерам и свойствам партии семенной массы, и хранить их в индивидуальных условиях для каждой партии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Мустафаев, С.К. Влияние начальной влажности семян подсолнечника на процессы послеуборочного дозревания и хранения / С.К. Мустафаев, А.А. Шаззо // Новые технологии. – 2011. - Вып. 3. - С. 48–51.

2. Смирнова, Н.С. Влияние предпосевной обработки на послеуборочное дозревание семян нового урожая // Молодой ученый. – 2015. - № 4. - С. 261-263.

3. Ксандопуло, С.Ю. Биохимические изменения масличных семян при послеуборочном дозревании // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 1996. - № 3-4. - С. 5-8.

4. Субботина, М.А. Научное обоснование и практическая реализация технологий молочных продуктов с использованием семян сосны кедровой сибирской: дис. ... д-ра техн. наук. – Кемерово, 2012. – 437 с.

5. Slabas, A. R.; Elborough, K.; Chase, D.; et al. Fatty acid synthesis in oilseeds Proceedings of the Phytochemical Society of Europe; Seed storage compounds: Biosynthesis, interactions, and manipulation, 1993, 35, 81-95.

6. Slabas, AR; White, A; Hara, P; et al. Investigations into the regulation of lipid biosynthesis in Brassica napus using antisense down-regulation. Biochemical Society Transactions, 2002, 30, 1056-1059.

7. Hara, P.; Slabas, A. R.; Fawcett, T. Flexibility and partitioning of storage products in seeds and leaves of Brassica napus as determined by antisense modulation of fatty acid biosynthesis. Journal of Experimental Botany Volume, 1999, 50, 57.

8. Методы биохимического исследования растений / А.И. Ермаков, В.В. Арасимович, Н.П. Ярош [и др.]; под ред. А.И. Ермакова. - 3-е изд., перераб. и доп. - Л.: Агропромиздат, 1987. - 430 с.