

УДК 663.854.78

UDC 663.854.78

**ВЛИЯНИЕ СВЧ-НАГРЕВА  
СВЕЖЕУБРАННЫХ СЕМЯН  
ПОДСОЛНЕЧНИКА ПЕРЕД ИХ  
КОНВЕКТИВНОЙ СУШКОЙ НА ВЫХОД И  
КАЧЕСТВО МАСЛА****THE INFLUENCE OF MICROWAVE HEATING  
OF FRESHLY HARVESTED SUNFLOWER  
SEEDS BEFORE CONVECTIVE DRYING ON  
OUTPUT AND QUALITY OF OIL**

Мустафаев Сергей Кязимович  
д.т.н., профессор

Mustafayev Sergey Kyazimovich  
Dr.Sci.Tech., professor

Смычагин Евгений Олегович  
*Кубанский государственный технологический  
университет, Краснодар, Россия*

Smychagin Evgeniy Olegovich  
*KubanState Technological University, Krasnodar,  
Russia*

В статье изучено влияние различных методов теплового, акустического и электромагнитного воздействия на содержание свободных липидов, кислотное и перекисное числа масла в семенах подсолнечника при их послеуборочном дозревании. Исследовано влияние традиционного и СВЧ-нагрева на активность липазы семян подсолнечника. Обоснованы наиболее эффективные режимы темпа и температуры СВЧ-нагрева свежесобраных семян подсолнечника перед конвективной сушкой, и установлено их влияние на скорость сушки

This article studies the influence of various methods of thermal, acoustic and electromagnetic exposure on free lipid content, acid and peroxidation number of oil in sunflower seeds during their after harvesting ripening. We have investigated the influence of traditional and microwave heating on lipase activity of seeds. We have also founded the most efficient conditions for the rate and the temperature of microwave heating of freshly harvested sunflower seeds and determined their effect on the rate of drying

Ключевые слова: СЕМЕНА ПОДСОЛНЕЧНИКА, АКТИВНОСТЬ ФЕРМЕНТОВ, ПОСЛЕУБОРОЧНОЕ ДОЗРЕВАНИЕ, СВЧ-НАГРЕВ, КОНВЕКТИВНАЯ СУШКА

Keywords: SUNFLOWER SEEDS, ACTIVITY OF ENZYMES, AFTER HARVESTING RIPENING, MICROWAVE HEATING, CONVECTIVE DRYING

При послеуборочном дозревании семян подсолнечника повышается их технологическая ценность, так как происходит снижение кислотного числа содержащегося в них масла при одновременном увеличении его выхода при переработке. Современные представления о биохимических процессах, протекающих в масличных семенах при послеуборочном дозревании, объясняют увеличение выхода масла из дозревших семян переходом в извлекаемую (свободную) форму связанных и структурных липидов [1,2], а снижение его кислотного числа – присоединением свободных жирных кислот к диацилглицеринам с образованием триацилглицеринов [3]. Одновременно с повышением технологической ценности семян в них снижаются активность ферментов и интенсивность дыхания, что увеличивает стойкость семян при хранении [1,2,4].

Из исследованных тепловых, акустических и электромагнитных воздействий на активность ферментов и биохимические процессы в семенах подсолнечника при их дозревании доказанное влияние оказывает тепловой нагрев, обработка ультразвуком и электромагнитным полем различной частоты [2-4]. Целью первого этапа наших исследований было сравнение эффективности воздействия указанных методов на содержание свободных липидов и их качество, а также активность липазы в семенах подсолнечника.

Для проведения экспериментов использовали семена подсолнечника сорта Флагман, районированного в Краснодарском крае и имеющего большие площади посевов. Начальная влажность семян составляла 14,8%.

Обработку в электромагнитном поле низкочастотного диапазона проводили с частотой 50 Гц, ультразвуковую – с частотой 50 кГц, а обработку в электромагнитном поле СВЧ-диапазона – с частотой 2450 мГц. Время электромагнитной обработки во всех образцах составляло 4 мин, при этом при обработке семян в электромагнитном поле СВЧ-диапазона температура повышалась до 50°C при темпе нагрева 0,1 °C/с, поэтому в дальнейшем для обработки в электромагнитном поле СВЧ-диапазона использовали термин СВЧ-нагрев. Такие же тепловые режимы соблюдали и при нагреве семян традиционным способом. Все образцы после обработки сушили до влажности 8%, помещали в эксикаторы, где они дозревали при данной равновесной влажности в течение 30 суток. В дозревших семенах определяли содержание свободных липидов (по Сокслету), а также кислотное и перекисное числа масла по стандартным методикам, принятым в масложировой промышленности. Результаты проведённых исследований представлены на рисунке 1.

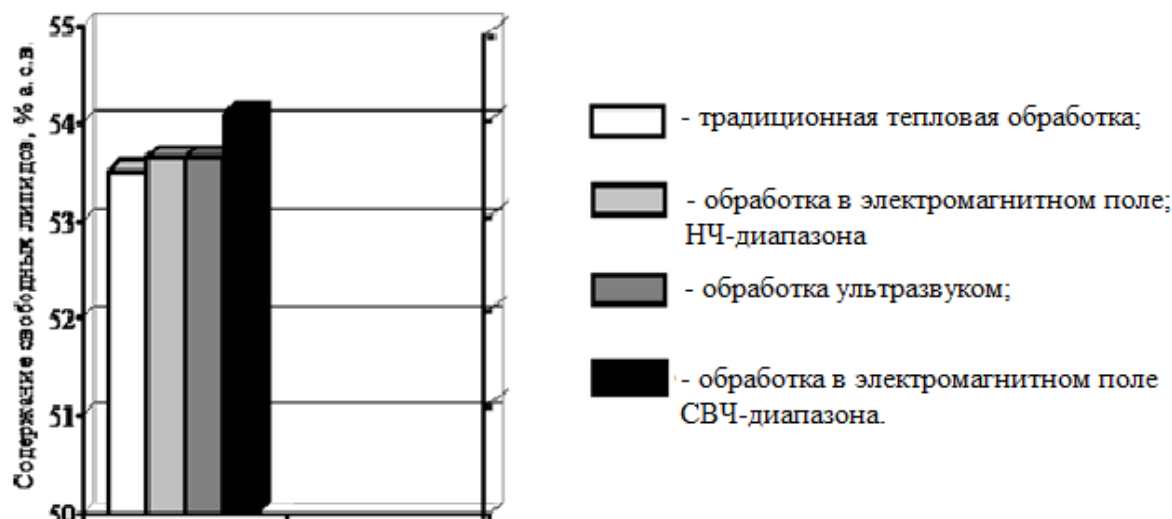


Рисунок 1 – Влияние способов обработки свежееубранных семян подсолнечника перед сушкой на содержание свободных липидов

Из рисунка 1 следует, что содержание свободных липидов в семенах, дозревавших после СВЧ-нагрева, выше по сравнению с другими образцами. Полученные данные можно объяснить интенсификацией при СВЧ-нагреве процесса перехода связанных липидов в свободные. Из ранее проведённых исследований известно, что традиционный нагрев способствует переходу в семенах подсолнечника связанных липидов в свободные, извлекаемые исчерпывающей экстракцией по Сокслету [2]. Совместное влияние на семена температуры нагрева и электромагнитного поля СВЧ-диапазона приводит к ещё большему ослаблению межмолекулярных связей в белково-липидных комплексах семян по сравнению с традиционным нагревом и, соответственно, интенсифицирует процесс перехода связанных липидов в свободные.

При изучении основных показателей качества липидов в семенах установлено, что минимальные кислотное и перекисное числа масла достигаются по завершению дозревания семян подсолнечника при их СВЧ-нагреве по сравнению с другими методами (рисунок 2).

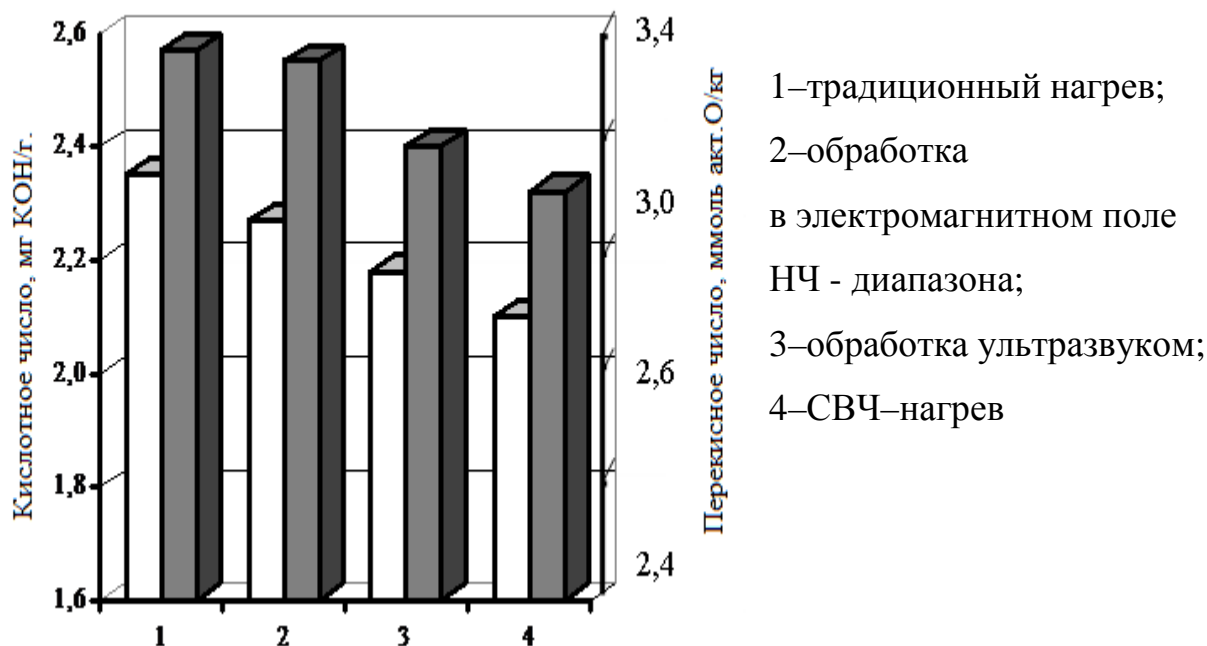




Рисунок 2 – Влияние способов обработки свежесобранных семян подсолнечника перед сушкой на кислотное (  ) и перекисное (  ) числа масла

Полученные данные, по-видимому, можно объяснить более существенным снижением активности липазы и липоксигеназы в результате комплексного воздействия на семена подсолнечника температуры и электромагнитного поля СВЧ-диапазона по сравнению с другими методами теплового, акустического и электромагнитного воздействия. Для проверки высказанного предположения на следующем этапе изучали влияние температуры при нагреве семян подсолнечника с темпом её повышения  $0,1^{\circ}\text{C}/\text{с}$  традиционным способом и СВЧ-нагреве на активность липазы в свежесобранных семенах с оптимальной для действия фермента влажностью. В исследованиях применяли методику /5/, разработанную во ВНИИЖиров.

Полученные данные показаны на рисунке 3.



Рисунок 3 – Влияние температуры на активность липазы семян подсолнечника

В качестве обсуждения данных, представленных на рисунке 3, следует отметить, что в более ранних исследованиях было установлено, что СВЧ-нагрев в большей степени, чем традиционный нагрев инактивирует в масличных семенах такие ферменты, как мирозиназа в рапсе и уреаса в сое /6/. Полученные данные подтверждают такую тенденцию и для липазы семян подсолнечника.

Таким образом, СВЧ-нагрев перед сушкой свежесобранных семян подсолнечника позволяет получить при послеуборочном дозревании семена с более высокими технологическими свойствами по сравнению с традиционным нагревом, обработкой ультразвуком и электромагнитным полем НЧ-диапазона.

Из ранее проводимых исследований известно, что применение предварительного СВЧ-нагрева масличных семян перед конвективной сушкой существенно интенсифицирует процесс удаления влаги,

сокращает энергозатраты и повышает качество высушиваемых семян [7]. Известны работы по реконструкции существующих конвективных сушилок с целью использования СВЧ-энергии в процессе сушки [8]. Сочетание технологических и энергетических преимуществ с возможностью разработки оборудования, использующего комбинацию СВЧ-нагрева с последующей конвективной сушкой, делает такое направление развития технологии послеуборочной обработки масличных семян перспективным [9].

Дискуссионным остаётся вопрос о воздействии СВЧ-излучения на биологические объекты и, в частности, на семена и зерно. Различные мнения и результаты исследований по этому вопросу, на наш взгляд, связаны с различной мощностью используемого СВЧ-излучения, временем его воздействия и состоянием семян и зерна, что сказывается на таких параметрах как темп нагрева, конечная температура объекта, градиенты температуры и влажности. Такая точка зрения базируется на проведённых ранее исследованиях [10,11]. Согласно результатам этих работ, различные величины указанных параметров СВЧ-излучения при обработке зерна по-разному влияют на изменение их жизнедеятельности – от стимулирования ростовых процессов, повышения всхожести и энергии прорастания до снижения ферментативной активности зерна, содержания на нём микроорганизмов и необратимых изменений капиллярно-пористой структуры зерна.

Учитывая это, целью следующего этапа нашего исследования являлось определение эффективных технологических режимов СВЧ-нагрева с последующей сушкой свежесобраных семян подсолнечника, позволяющих получить высокое качество масла при их послеуборочном дозревании.

Начальная влажность свежееубранных семян подсолнечника не превышала 15%, так как, согласно работе [12], только в этом случае возможно улучшение показателей качества масла в семенах при послеуборочном дозревании. Основываясь на результатах работ [7,10,11], параметры СВЧ-нагрева и сушки варьировали в следующих пределах: темп нагрева 0,1-0,7 °С/с, температура нагрева семян 35-50°С. Влияние режимов СВЧ-нагрева и сушки свежееубранных семян подсолнечника на процессы послеуборочного дозревания оценивали по изменению кислотного и перекисного чисел масла в семенах, прошедших послеуборочное дозревание в течение 30 суток. На первом этапе исследований температура СВЧ-нагрева и сушки семян подсолнечника с влажностью 13,6% составляла 50°С, варьировали темп нагрева. Полученные данные представлены на рисунке 4.

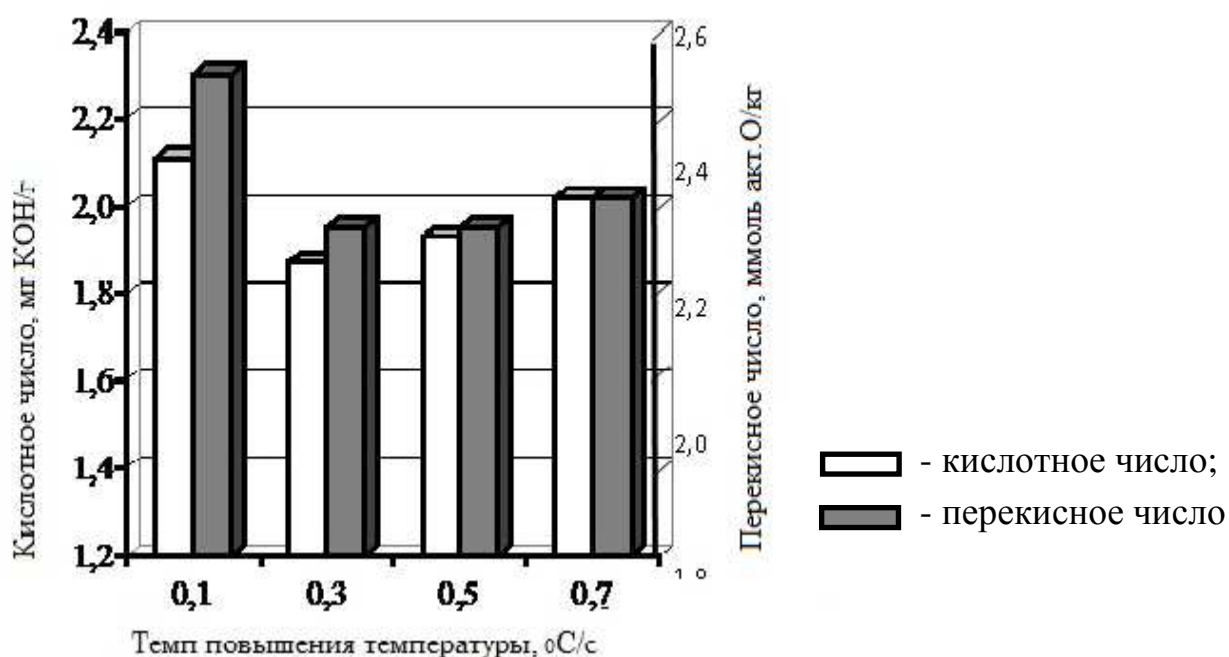


Рисунок 4 – Влияние темпа повышения температуры семян при их СВЧ-нагреве на показатели качества липидов по завершению дозревания.

Минимальные значения кислотного и перекисного чисел достигались по завершению дозревания при их обработке в

электромагнитном поле СВЧ-диапазона с темпом повышения температуры  $0,3^{\circ}\text{C}/\text{с}$ .

В дальнейших исследованиях при СВЧ-нагреве семян подсолнечника с начальной влажностью 13,6 и 14,8% использовали темп нагрева  $0,3^{\circ}\text{C}/\text{с}$ , а варьировали температуру нагрева (рисунки 5 и 6). По завершению процесса послеуборочного дозревания кислотное и перекисное числа липидов достигали минимальных значений при температуре СВЧ-нагрева и сушки  $40\text{-}45^{\circ}\text{C}$ .

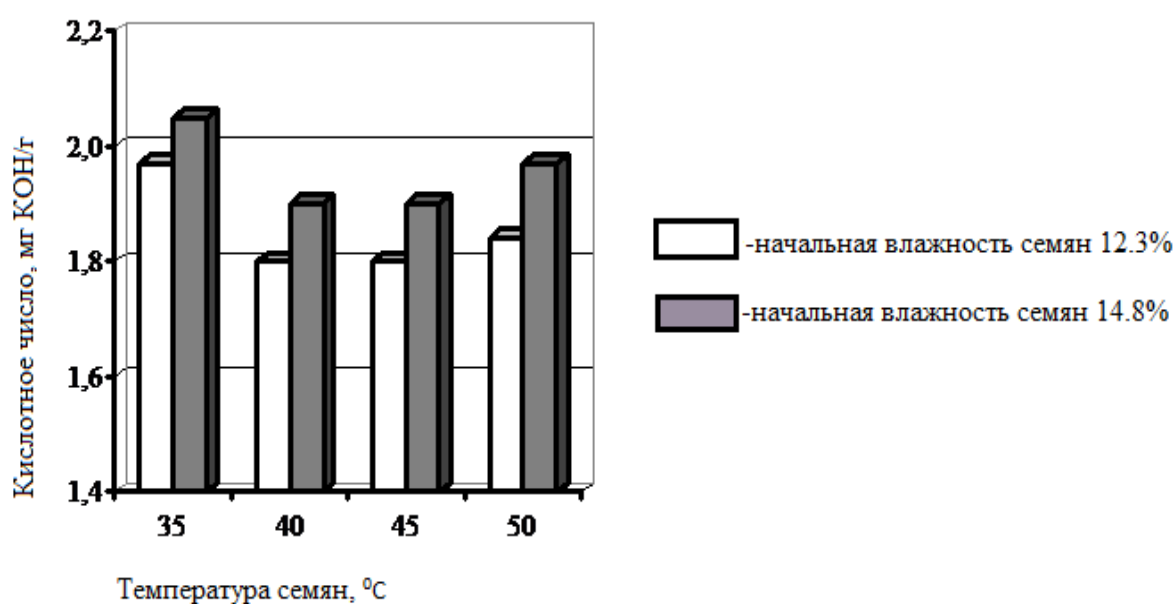


Рисунок 5 – Влияние температуры при СВЧ-нагреве и последующей сушки на кислотное число липидов в семенах по завершению дозревания

Учитывая, что в результате проведённых исследований наиболее эффективные температура и темп СВЧ-нагрева были установлены, целесообразно было сравнить влияние традиционной технологии предварительного нагрева и разработанных технологических режимов СВЧ-нагрева на среднюю скорость сушки семян.



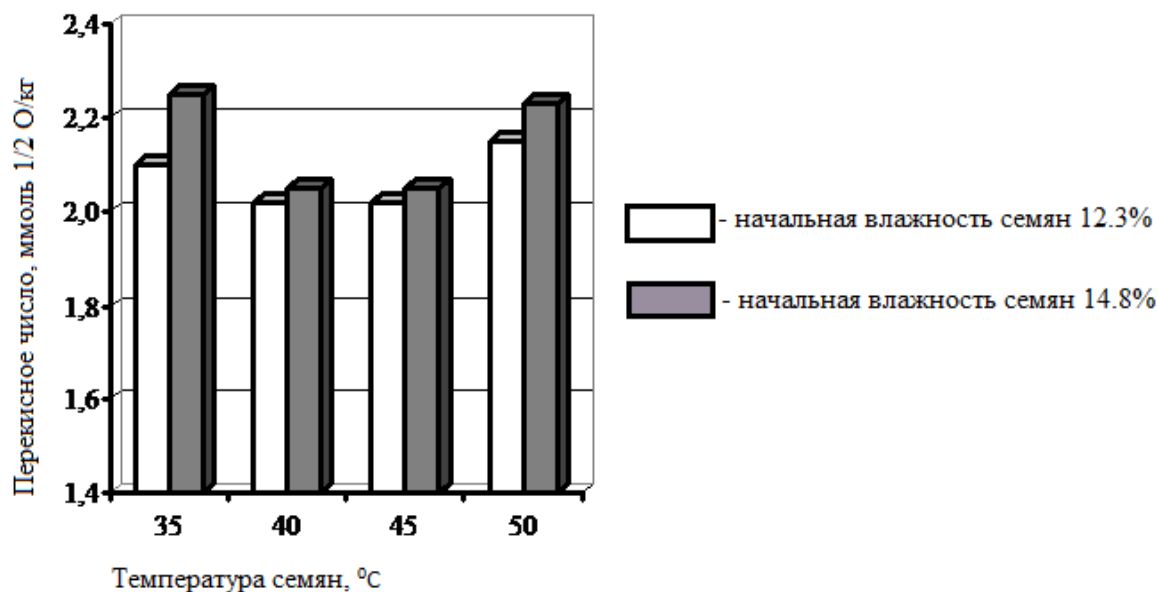


Рисунок 6 – Влияние температуры при СВЧ-нагреве и последующей сушки на перекисное число липидов в семенах по завершению дозревания

С этой целью свежесобранные семена подсолнечника подвергали предварительному традиционному нагреву по тем же режимам, что и при СВЧ-нагреве, затем сравнивали скорость сушки семян в обоих случаях. Полученные данные представлены на рисунке 7.

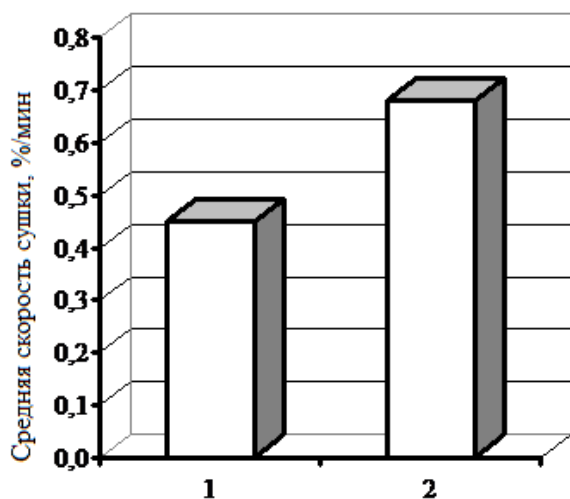


Рисунок 7 – Влияние предварительного нагрева семян подсолнечника на среднюю скорость их сушки: 1 – кондуктивный нагрев; 2 – СВЧ-нагрев

Из анализа полученных данных следует, что разработанная технология предварительного СВЧ-нагрева свежесобранных семян

подсолнечника позволяет увеличить среднюю скорость их сушки в 1,5 раза по сравнению с традиционной технологией.

Таким образом, при СВЧ-нагреве и последующей сушке свежееубранных семян подсолнечника рекомендуемая температура семян, обеспечивающая низкие значения кислотного и перекисного чисел липидов, соответствует 40-45<sup>0</sup>С при темпе ее повышения 0,3 <sup>0</sup>С/с. Указанные режимы СВЧ-нагрева позволяет увеличить в 1,5 раза скорость сушки семян по сравнению с традиционным способом.

### Литература

1. Щербаков В.Г. , Лобанов В.Г. Биохимия и товароведение масличного сырья. М.: КолосС, 2012. 360 с.
2. Иваницкий С.Б. Исследование комплекса связанных липидов подсолнечника при послеуборочной обработке и хранении в связи с условиями их технологической переработки: Дис. ... канд. техн. наук. Краснодар, 1972. 24 с.
3. Ксандопуло С.Ю. Теоретические и экспериментальные основы рациональной технологии послеуборочной обработки (послеуборочного дозревания) масличных семян и плодов кориандра: Дис. ... док. техн. наук. Краснодар, 1993. 43 с.
4. Семёнов В.С. Биохимическое обоснование технологии послеуборочной обработки семян подсолнечника: Дис. ... канд. техн. наук. Краснодар, 2000. 23 с.
5. Григорьева В.Н., Миронова А.Н., Петрова А.Н. Изучение гидролитических ферментов масличных семян // Сборник трудов; ВНИИЖ. Ленинград, 1977. С. 3-12.
6. BalintCzukur, ZsuzsaBednarik, PldikoGajzago.Technologyforenzymedeactivationinoilseeds // Olajszappankozmetika. 1997. № 1. С. 2-6.
7. Дубовой Д.А. Испытания экспериментальной установки для сушки семян масличных культур с использованием СВЧ-нагрева // Хранение и переработка сельхозсырья. 2001. № 5. С.62-63.
8. Шелудько И.Б. Использование микроволновой энергии в барабанных сушилках // Хранение и переработка зерна. 2000. № 12. С.43-44.

9. Технология отрасли (приёмка, обработка и хранение масличных семян): Учебник для вузов / С.К. Мустафаев, Л.А. Мхитарьянц, Е.П. Корнена и др. СПб.: ГИОРД, 2012. 248 с.
10. Вендин С.В. Обработка семян электромагнитным полем: Дис. ...док. техн. наук. М., 1994. 34 с.
11. Губиев Ю.К., Пунков С.П., Еркинбаева Р.К. Термообработка зерна микроволновым полем // Пищевая технология. 1995. № 1-2. С.86-90.
12. Мустафаев С.К., Шаззо А.А. Влияние начальной влажности семян подсолнечника на процессы послеуборочного дозревания и хранения // Новые технологии. 2011. Вып. 3. С.48-51.

### References

1. Shherbakov V.G. , Lobanov V.G. Biohimija i tovarovedenie maslichnogo syr'ja. М.: KolosS, 2012. 360 s.
2. Ivanickij S.B. Issledovanie kompleksa svjazannyh lipidov podsolnechnika pri posleuborochnoj obrabotke i hranenii v svjazi s uslovijami ih tehnologicheskoy pererabotki: Dis. ... kand. tehn. nauk. Krasnodar, 1972. 24 s.
3. Ksandopulo S.Ju. Teoreticheskie i jeksperimental'nye osnovy racional'noj tehnologii posleuborochnoj obrabotki (posleuborochnogo dozrevanija) maslichnyh semjan i plodov koriandra: Dis. ... dok. tehn. nauk. Krasnodar, 1993. 43 s.
4. Semjonov V.S. Biohimicheskoe obosnovanie tehnologii posleuborochnoj obrabotki semjan podsolnechnika: Dis. ... kand. tehn. nauk. Krasnodar, 2000. 23 s.
5. Grigor'eva V.N., Mironova A.N., Petrova A.N. Izuchenie gidroliticheskikh fermentov maslichnyh semjan // Sbornik trudov; VNIIZh. Leningrad, 1977. S. 3-12.
6. BalintCzukur, ZsuzsaBednarik, IldikoGajzago. Technology forenzymedeactivationinoilseeds // Olajszappankozmetika. 1997. № 1. S. 2-6.
7. Dubovoj D.A. Ispytanija jeksperimental'noj ustanovki dlja sushki semjan maslichnyh kul'tur s ispol'zovaniem SVCh-nagreva // Hranenie i pererabotka sel'hoz syr'ja. 2001. № 5. S.62-63.
8. Shelud'ko I.B. Ispol'zovanie mikrovolnovoj jenerгии v barabannyh sushilkah // Hranenie i pererabotka zerna. 2000. № 12. S.43-44.

9. Tehnologija otrasli (prijomka, obrabotka i hranenie maslichnyh semjan): Uchebnik dlja vuzov / S.K. Mustafaev, L.A. Mhitar'janc, E.P. Kornena i dr. SPb.: GIORD, 2012. 248 s.

10. Vendin S.V. Obrabotka semjan jelektromagnitnym polem: Dis. ...dok. tehn. nauk. M., 1994. 34 s.

11. Gubiev Ju.K., Punkov S.P., Erkinbaeva R.K. Termoobrabotka zerna mikrovolnovym polem // Pishhevaja tehnologija. 1995. № 1-2. S.86-90.

12. Mustafaev S.K., Shazzo A.A. Vlijanie nachal'noj vlazhnosti semjan podsolnechnika na processy posleuborochnogo dozrevanija i hranenija // Novye tehnologii. 2011. Vyp. 3. S.48-51.