

**МЕХАНИЗМЫ ИЗМЕНЕНИЯ СВОЙСТВ ОБОЛОЧЕК И ЭНДОСПЕРМА ЗЕРНА
ПШЕНИЦЫ ПРИ ЕГО ПОДГОТОВКЕ К СОРТОВОМУ ПОМОЛУ**

Усмонова Юлдуз Эркиновна

студент, Каршинского государственного технического университета

Республика Узбекистан, г. Карши.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.22755445>

Аннотация. В статье представлен анализ зарубежных исследований, посвящённых изучению механизмов изменения свойств оболочек и эндосперма зерна пшеницы при подготовке к сортовому помолу. Рассмотрено влияние различных режимов кондиционирования на физико-химические и технологические показатели зерна и муки, включая влажность, зольность, содержание белка, количество повреждённого крахмала, выход муки, содержание и качество клейковины, седиментационные показатели и число падения. Показано, что эффективность гидротермической обработки определяется комплексным воздействием исходной влажности зерна, температуры увлажняющей воды, продолжительности отволаживания и способа кондиционирования. Анализ литературных данных свидетельствует, что рациональный выбор технологических параметров обеспечивает укрепление оболочек, оптимизацию структурно-механических свойств эндосперма, снижение зольности и повышение выхода сортовой муки без существенного ухудшения её хлебопекарных свойств. Отмечено, что одноступенчатое кондиционирование продолжительностью 48 часов является наиболее эффективным среди рассмотренных режимов. Полученные результаты могут служить научной основой для совершенствования технологии подготовки местных сортов пшеницы к сортовому помолу и оптимизации режимов гидротермической обработки.

Ключевые слова: гидротермическая обработка, кондиционирование зерна, зерно пшеницы, сортовой помол, оболочки зерна, эндосперм, выход муки, клейковина, зольность, гидротермический режим.

**MECHANISMS OF CHANGES IN THE PROPERTIES OF WHEAT GRAIN BRAN
AND ENDOSPERM DURING PREPARATION FOR WHEAT FLOUR MILLING.**

Abstract. This paper presents an analysis of international studies on the mechanisms of changes in the properties of wheat grain bran layers and endosperm during preparation for flour milling. The effects of different conditioning methods on the physicochemical and technological characteristics of grain and flour, including moisture content, ash content, protein content, damaged starch, flour yield, gluten quantity and quality, sedimentation values, and falling number, are reviewed. The analysis demonstrates that the efficiency of hydrothermal treatment depends on the combined influence of grain moisture, water temperature, tempering duration, and conditioning method. According to the reviewed studies, properly selected conditioning parameters improve the strength of bran layers, optimize the structural and mechanical properties of the endosperm, reduce flour ash content, and increase flour yield without significantly affecting baking quality. Among the evaluated methods, single-stage conditioning with a tempering period of 48 hours showed the best technological performance.

Keywords: hydrothermal treatment, grain conditioning, wheat grain, flour milling, bran layers, endosperm, flour yield, gluten, ash content, hydrothermal treatment regime.

Введение. В зарубежных исследованиях большое внимание уделяется изучению механизмов изменения свойств оболочек и эндосперма зерна пшеницы при подготовке к сортовому помолу. Особое значение придаётся процессам гидротермической обработки, в ходе которых происходят перераспределение влаги в зерновке, изменение структурно-механических свойств оболочек и эндосперма, а также формирование технологических характеристик, определяющих эффективность последующего размола.

В процессе кондиционирования зерно увлажняется до оптимальной влажности, что способствует улучшению его физико-механических свойств и повышению технологической пригодности к сортовому помолу. При этом важную роль играют продолжительность отволаживания и равномерность распределения влаги, которая проникает в зерно путём диффузии и последовательно распространяется по его анатомическим слоям.

В результате гидротермической обработки оболочки приобретают большую прочность и эластичность, тогда как эндосперм становится более хрупким и легче разрушается при измельчении. Это способствует более полному отделению оболочек, увеличению выхода сортовой муки и улучшению её качественных показателей. В связи с этим анализ механизмов изменения свойств оболочек и эндосперма имеет важное научное и практическое значение для совершенствования технологии подготовки зерна пшеницы к сортовому помолу и выбора рациональных режимов гидротермической обработки.

Литературный анализ

Процесс кондиционирования должен быть организован таким образом, чтобы обеспечивалось оптимальное соотношение между выходом сортовой муки и количеством образующихся отрубей [1]. На эффективность данного процесса оказывают влияние многочисленные факторы, включая твёрдость зерна, его исходную влажность, продолжительность обработки, время отволаживания, количество и температуру добавляемой воды, а также качество и выход промежуточных продуктов размола.

Кондиционирование имеет важное технологическое значение для снижения зольности и повышения белизны муки. В последние годы увеличение экспорта муки из Турции и рост спроса на белую высокосортную муку на рынках стран Ближнего Востока обусловили необходимость более тщательного контроля показателей белизны муки [2].

Вместе с тем неправильная организация процесса кондиционирования приводит к увеличению объёма силосов, удлинению технологического цикла, росту количества механизированного оборудования, а также повышению энергетических, трудовых и эксплуатационных затрат. В традиционной технологии необходимое количество воды обычно вносится однократно, однако в ряде исследований проведено сравнительное изучение классического одноступенчатого и двухступенчатого кондиционирования двух сортов мягкой хлебопекарной пшеницы (*Triticum aestivum* L.), различающихся по твёрдости зерна, с оценкой их влияния на физические, химические и технологические свойства муки [3].

Кроме того, в зарубежных исследованиях подробно изучены скорость проникновения влаги в зерно, продолжительность кондиционирования, температура воды,

а также эффективность различных способов гидротермической обработки, включая тёплое, горячее, паровое, микроволновое, ультразвуковое и другие виды кондиционирования [4].

Установлено, что методы тепловой обработки, такие как SS, HM и MW, оказывают существенное влияние на структуру зерна пшеницы, а также на молекулярное состояние крахмала, белков и целлюлозы, ускоряя процессы диффузии влаги [5]. Результаты ранее выполненных исследований свидетельствуют о том, что применение указанных способов способствует снижению твёрдости зерна и увеличению его пористости, что, в свою очередь, повышает эффективность кондиционирования. В связи с этим была проведена комплексная оценка влияния методов SS, HM и MW на процессы диффузии воды, твёрдость зерна, его микроструктуру, а также на зольность, цветовые характеристики, гранулометрический состав, содержание повреждённого крахмала и термомеханические свойства муки.

Изменение отдельных физико-химических свойств пшеничной муки, полученной после применения различных способов кондиционирования зерна, представлено в таблице 1

Результаты и обсуждение

Таблица 1

Влияние различных способов кондиционирования зерна на физико-химические свойства пшеничной муки

Сорт пшеницы	Способ кондиционирования	Влажность, %	Зольность, %	Белок, %	Повреждённый крахмал, %	Выход муки, %
Adana-99	Без кондиционирования (контроль)	13,0с±0,1	0,75а±0,02	11,5а±0,3	3,1с±0,1	52,3с±0,3
	Одноступенчатое, 24 ч	15,7а±0,4	0,61b±0,02	10,9с±0,0	5,6а±0,2	53,6b±0,3
	Одноступенчатое, 48 ч	15,2а±0,3	0,63b±0,02	11,1b±0,1	5,2а±0,2	55,7а±0,7
	Двухступенчатое, 24 ч	15,4а±0,3	0,63b±0,01	11,3ab±0,2	4,4b±0,1	51,9с±0,5
	Двухступенчатое, 48 ч (после хранения 30 суток)	13,5b±0,1	0,63b±0,02	10,9с±0,1	4,3b±0,1	—
Рус	Без кондиционирования (контроль)	14,2b±0,2	0,59а±0,01	8,8ab±0,2	4,5d±0,0	61,3с±0,3
	Одноступенчатое, 24 ч	15,0а±0,1	0,56b±0,0	8,6b±0,0	5,4b±0,1	60,8с±0,5
	Одноступенчатое, 48 ч	15,2а±0,3	0,54с±0,0	8,8ab±0,2	6,0а±0,1	63,4а±0,2
	Двухступенчатое, 24 ч	15,5а±0,5	0,52d±0,01	9,0а±0,2	4,8с±0,1	62,8b±0,1
	Двухступенчатое, 48 ч (после хранения 30 суток)	13,6с±0,1	0,52d±0,0	8,5b±0,1	4,8с±0,1	—

Примечание: Различные буквенные обозначения (a, b, c, d) в одном столбце указывают на статистически значимые различия ($p < 0,05$).

Согласно данным таблицы 1, кондиционирование способствовало увеличению влажности муки и снижению её зольности. После 30 суток хранения влажность снижалась до оптимального уровня. У сорта Рус уменьшение зольности с увеличением продолжительности кондиционирования было статистически достоверным ($P < 0,05$), тогда как у сорта Adana-99 изменения были менее выражены. В обоих сортах после кондиционирования наблюдалось увеличение содержания повреждённого крахмала, наиболее заметное при одноступенчатом способе обработки.

Максимальный выход муки для обоих сортов был получен при одноступенчатом кондиционировании продолжительностью 48 часов. При этом у сорта Рус выход муки увеличился примерно на 1,5 %, тогда как у сорта Adana-99 изменения были незначительными. Полученные результаты свидетельствуют о том, что одноступенчатое кондиционирование является более эффективным по сравнению с двухступенчатым и обеспечивает более высокий выход сортовой муки при оптимальном соотношении между количеством муки и отрубей.

Таблица 2

Физико-химические свойства пшеничной муки, полученной при различных способах кондиционирования зерна

Сорт пшеницы	Способ кондиционирования	Сырая клейковина, %	Сухая клейковина, %	Седиментация, мл	Задержанная седиментация, мл	Число падения, с
Adana-99	Без кондиционирования (контроль)	28.5a±0.4	9.2a±0.1	38a±1	31c±0	337±21
	Одноступенчатое, 24 ч	27.0b±0.2	8.9b±0.0	36ab±1	41a±1	344±18
	Одноступенчатое, 48 ч	27.3b±0.2	9.0ab±0.1	38a±1	38a±2	344±21
	Двухступенчатое, 24 ч	27.9ab±0.3	9.1a±0.1	34b±1	39a±2	349±19
	Двухступенчатое, 48 ч (после хранения 30 суток)	27.3b±0.2	8.8b±0.1	30c±1	34b±1	362±20
Рус	Без кондиционирования (контроль)	21.6±0.4	6.7b±0.1	32a±1	20b±1	356±24
	Одноступенчатое, 24 ч	21.5±0.5	6.8ab±0.0	30a±1	33a±2	351±19
	Одноступенчатое, 48 ч	21.5±0.3	6.9a±0.1	27b±0	34a±2	363±19
	Двухступенчатое, 24 ч	22.0±0.4	7.0a±0.1	31a±1	32a±3	378±21

	Двухступенчатое, 48 ч (после хранения 30 суток)	21.3±0.4	6.6b±0.1	25c±1	33a±3	364±18
--	--	----------	----------	-------	-------	--------

Согласно данным таблицы 2, содержание сырой и сухой клейковины у сортов Adapa-99 и Рус изменялось незначительно, а статистически достоверных различий между способами кондиционирования не выявлено ($P > 0,05$). В кондиционированных образцах отмечено некоторое снижение показателей седиментации, тогда как результаты задержанной седиментации свидетельствовали об улучшении качества клейковины. Значения числа падения также существенно не зависели от режима кондиционирования.

Полученные результаты показывают, что режим кондиционирования оказывает влияние на технологические свойства зерна и муки, включая качество клейковины, распределение влаги и эффективность сортового помола. При этом двухступенчатое кондиционирование не продемонстрировало существенных преимуществ по сравнению с одноступенчатым. Полученные данные могут служить научной основой для выбора рациональных режимов подготовки местных сортов пшеницы к сортовому помолу.

Заключение

Проведённый анализ зарубежных исследований показал, что режимы кондиционирования оказывают существенное влияние на физико-химические и технологические свойства зерна пшеницы и получаемой муки. Установлено, что оптимальное сочетание влажности зерна, температуры воды и продолжительности отволаживания способствует снижению зольности, повышению выхода сортовой муки и улучшению её качественных показателей. Наиболее эффективным оказался одноступенчатый режим кондиционирования продолжительностью 48 часов, обеспечивающий более высокий выход муки по сравнению с другими исследованными вариантами. Полученные результаты могут быть использованы при совершенствовании технологии подготовки местных сортов пшеницы к сортовому помолу и разработке рациональных режимов гидротермической обработки [6].

Список литературы:

1. Hook SCW, Bone GT, Fearn T 1982. The Conditioning of Wheat: The Influence of Varying Levels of Water Addition to UK Wheats of Flour Extraction Rate, Moisture and Color. *J Sci Food Agr* 33(7): 645-654.
2. Kurt M, Dizlek H 2020. Ekmeklik Buğdaylara (*Triticum aestivum* L.) İki Aşamalı Uygulanan Tavlama İşleminin Unun Ekmeklik Özelliklerine Etkisi. *EJOSAT* 18: 445-453.
3. Kurt M., Dizlek H. The effects of two-step tempering treatment on the physical, chemical and technological properties of flour in bread wheats (*Triticum aestivum* L.) // *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi / KSÜ J. Agric Nat.* - 2022. - Vol. 25, № 1. - P. 181–190. - DOI: [10.18016/ksutarimdoga.vi.878636](https://doi.org/10.18016/ksutarimdoga.vi.878636)
4. Girard AL, Teferra T, Awika JM 2019. Effects of Condensed vs Hydrolysable Tannins on Gluten Film Strength and Stability. *Food Hydrocoll* 89: 36-43.
5. Liu Y., Jia Z., Li M., Bian K., Guan E. Heat treatment of wheat for improving moisture diffusion and the effects on wheat milling characteristics // *Journal of Cereal Science.* -

2023. - Vol. 114. - Article 103806. DOI: [10.1016/j.jcs.2023.103806](https://doi.org/10.1016/j.jcs.2023.103806).
6. Buhler 2016. Wheat Conditioning Basic Guidelines. BMIN Wheat Conditioning IAOM District Meeting 2016, Buhler handbook, 30 pg.
 7. Узоков Юсуф Ахролович, & Темурова Азиза Темуровна (2025). Значение винтового конвейерного оборудования в технологических процессах и оптимизация его расчётов. *Universum: технические науки*, 6 (6 (135)), 33-37.
 8. 8 Узоков Юсуф Ахролович, & Баракаев Нусратилла Раджабович (2025). исследование методов и режимов гидротермической обработки пшеничного зерна для повышения эффективности подготовки к помолу на сортовую муку. *universum: технические науки*, 6 (12 (141)), 15-19.
 9. Uzoqov, Y. (2025). Research on food safety standards of Uzbekistan and international norms in the production, storage, and distribution of flour and flour products to the population.
 10. Yusuf, U., Pardaev, Z., Maftuna, I., Suyunova, N., Toshtemirova, M., & Parizoda, T. (2026). The importance of the bucket elevator in technological processes and the optimization of its calculations. *Eureka Journal of Geoscience, Materials & Resource Engineering*, 2(2), 1-11.
 11. Узоков Ю.А., Шахриддинов Ф.Ф., Сапаров Б.С. Комплексная оценка мукомольных и хлебопекарных свойств местных сортов пшеницы на основе физико-технологических и биохимических показателей // *Universum: технические науки : электрон. Научн. Журн.* 2026. 6(147).