Статья поступила в редакцию: 10.09.2026
Статья принята к публикации: 07.10.2026
Статья опубликована: 28.10.2026

УДК 663.252.1

Применение озоновой обработки для продления сроков хранения и сохранения качества винограда

Наркабулова Наргиза Чоршаммиевна
доц.
Ташкентский государственный аграрный университет
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: nargiza.narkabulova@gmail.com

Таджибекова Ирода Эмильевна
ст. преп. Ташкентский государственный аграрный университет
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: iroda.tadjibekova@gmail.com

Абдикаюмов Зайнилабиддин
доц.
Ташкентский государственный аграрный университет
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: z.abdikayumov@gmail.com

Application of ozone treatment for extending the storage life and preserving the quality of grapes

Narkabulova Nargiza
Associated professor
Tashkent State Agrarian University
Uzbekistan, Tashkent

Tadjibekova Iroda
Associated professor
Tashkent State Agrarian University
Uzbekistan, Tashkent

Abdikayumov Zaynilabiddin
Postdoctoral researcher
Tashkent State Agrarian University
Uzbekistan, Tashkent

Аннотация

Обеспечение продовольственной безопасности напрямую зависит от эффективности широко используемых технологий хранения сельскохозяйственной продукции. Для сохранения органолептических свойств, свежести и предотвращения послеуборочной порчи

Библиографическое описание: Наркабулова Н.Ч., Таджибекова И.Э., Абдикаюмов З. Применение озоновой обработки для продления сроков хранения и сохранения качества винограда // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2026. 10(151). URL: https://7universum.com/ru/tech/archive/item/23511

плодоовощных культур применяются специализированные физико-химические режимы и консервирующие вещества. В данной работе, подробно рассматривается влияние озонирования на физиологические процессы проходящие в продукции и влияющие на сроки хранения скоропортящегося растительного сырья. Исследование показало, что благодаря выраженным окислительным и бактерицидным свойствам озон эффективно подавляет развитие фитопатогенной и сапрофитной микрофлоры. Представлены результаты оригинальных опытов по обработке озоно-воздушными смесями трех промышленно значимых столовых сортов винограда (Vitis vinifera L.) Республики Узбекистан: Хусайни белый, Ризамат и Кишмиш чёрный. Разработана и экспериментально обоснована экологически безопасная технология прерывисто-импульсного (дробного) озонирования в условиях промышленного холодильного хранения. Установлено, что циклическое воздействие низких концентраций озона (3 мг/м³) обеспечивает снижение микробной обсеменённости, замедляет деструкцию защитного пруинового налета и пролонгирует сохраняемость ягод в среднем на семь суток. Метод минимизирует риски окислительного повреждения тканей плодов, демонстрируя высокую экономическую эффективность. Применение озонной обработки позволяет минимизировать использование химических средств защиты при хранении.

Abstract

Ensuring food security directly depends on the efficiency of agricultural product storage technologies. Specialized physicochemical regimes and preservative substances are applied to maintain organoleptic properties, freshness, and prevent postharvest spoilage of fruit and vegetable crops. This paper examines in detail the effect of ozonation on physiological processes and shelf life of perishable plant raw materials, aligning with modern international «green» preservation trends. The study demonstrated that due to its pronounced oxidative and bactericidal properties, ozone effectively suppresses the development of phytopathogenic and saprophytic microflora. The results of original experiments on treating three commercially significant table grape varieties (*Vitis vinifera L.*) of the Republic of Uzbekistan with ozone-air mixtures are presented: Khusayni belyi, Rizamat, and Kishmish chorny. An environmentally safe technology of intermittent-pulse (fractional) ozonation under conditions of industrial cold storage has been developed and experimentally substantiated. It was found that cyclic exposure to low ozone concentrations (3 mg/m³) provides a substantial reduction in microbial contamination, slows down the destruction of the protective pruinose layer, and prolongs the shelf life of berries by an average of seven days. The method minimizes the risks of oxidative damage to fruit tissues, demonstrating high economic efficiency. The use of ozone treatment makes it possible to minimize the use of chemical protectants and pesticide residues during storage.

Ключевые слова: Озон, микроорганизмы, биологическое воздействие, концентрация, патогенная микрофлора, хранение, обеззараживание.

Keywords: ozone, microorganisms, biological effects, concentration, pathogenic microflora, storage, decontamination.

Введение

Актуальной проблемой агропромышленного комплекса является обеспечение высоких показателей качества и безопасности собранного урожая в течение всего срока хранения. Традиционные способы, такие как холодильное хранение, использование регулируемых газовых сред являются весьма дорогостоящими. Кроме того, холодильное хранение может вызывать повреждения поверхности овощей и фруктов из-за воздействия низких температур [8]. В последние годы на мировом продовольственном рынке наблюдается ужесточение требований к экологической безопасности и качеству плодоовощной продукции [15, с. 63]. Основным инструментом, обеспечивающим стабилизацию качества винограда в процессе транспортировки и хранения, является использование сернистого ангидрида – газа, обладающего свойствами, которые позволяют ингибировать не ферментативное потемнение, снизить активность ферментов, эффективно контролировать развитие Botrýtis cinérea и действующего как антиоксидант [3]. В связи с риском накопления остаточных количеств химических веществ в растительном сырье особую актуальность приобретает сокращение применения синтетических пестицидов при хранении сельскохозяйственной продукции и поиск безопасных альтернативных технологий [19, с. 40; 16].

Одним из перспективных экологически безопасных методов является применение озоно-воздушных смесей. Озон обладает выраженными окислительными и бактерицидным свойствами, благодаря чему способен подавлять развитие патогенной и сапрофитной микрофлоры, снижать микробную обсеменённость продукции и тем самым способствовать продлению сроков её хранения [20; 18]. Кроме того, озон может оказывать положительное воздействие на складскую среду, в частности способствовать снижению концентрации этилена — фитогормона, участвующего в регуляции процессов созревания и старения плодов [20].

Одной из основных причин значительных потерь плодоовощной продукции является нарушение оптимальных условий хранения, приводящее к ускоренному созреванию, физиологическим изменениям и развитию микроорганизмов [6, с. 33]. По данным различных исследований, потери при хранении и транспортировке плодоовощной продукции могут достигать значительных масштабов, что обусловливает необходимость совершенствования существующих и разработки новых экологически безопасных и энергосберегающих технологий [20; 13].

В этом контексте озонирование представляет значительный научный и практический интерес как технологический способ регулирования микробиологических и физиологических процессов, протекающих в хранящейся продукции [13]. Правильно подобранные концентрация озона и продолжительность обработки позволяют снизить интенсивность развития патогенной микрофлоры и замедлить процессы созревания и порчи, что способствует сохранению качества продукции и сокращению послеуборочных потерь [18; 15]. Инновационные технологии хранения должны не только обеспечить снижение потерь, но и сохранение высоких товарных качеств продукции, в значительной степени зависящих от биохимического состава [4]. Физические повреждения, возникающие в результате даже минимального воздействия, особенно наличие поврежденной поверхности, приводят к разрушению клеточной мембраны, прямому контакту ферментов и их субстратов, что

ускоряет потерю качества. Атаки микробов легко обнаруживаются в плохо высушенном и поврежденном винограде. Более высокие исходные микробные нагрузки влияют на более короткий срок хранения [11].

Для продления сроков хранения винограда применяется множество нестандартных методов, например обдувание горячим воздухом. Полученные данные свидетельствуют, что после обработки теплым воздухом в процессе хранения наблюдаются снижение убыли массы и общих потерь, количество гнили сокращается на более чем 15 % [9]. Но, в нашем случае, такие методы являются достаточно затратными и возникает необходимость изучения, альтернативных вариантов.

На сегодняшний день в мире накоплен значительный опыт применения озона для обработки фруктов и овощей с целью увеличения сроков их хранения [20]. Использование фунгицидов ограничено периодом вегетации, поэтому в последнее время акцент смещается в сторону технологий, подавляющих патогенную микрофлору без накопления токсичных остатков [10, с. 22].

Методы исследования

Для повышения эффективности обеззараживания сельскохозяйственной продукции без ухудшения её качественных характеристик была использована технология прерывисто-импульсного озонирования, основанная на циклическом воздействии озона в относительно низких концентрациях [13]. В отличие от непрерывной обработки высокими дозами озона, способными оказывать неблагоприятное воздействие на ткани плодов [19], предложенный режим предусматривает последовательное проведение нескольких кратковременных обработок с определёнными интервалами между ними.

Для экспериментальной оценки эффективности прерывисто-импульсного озонирования были отобраны три промышленно значимых столовых сорта винограда (*Vitis vinifera L.*), широко возделываемых в виноградарских зонах Республики Узбекистан: Хусайни белый, Ризамат и Кишмиш чёрный (Кора кишмиш) [10, с. 23]. Выбор указанных сортов обусловлен необходимостью оценки дифференцированного отклика виноградных ягод на воздействие озоновоздушной среды с учётом различий в морфологических, биохимических и структурно-механических характеристиках [19].

Сорта отличаются строением и плотностью гроздей, размером и механической прочностью ягод, толщиной покровных тканей, а также пигментным составом кожицы. Данные особенности могут определять различную устойчивость ягод к окислительному воздействию озона и влиять на сохранение их товарного качества в процессе хранения [18]. На первом этапе проводили так называемую «шоковую» обработку повышенной дозой озона, направленную на подавление наиболее чувствительной вегетативной микрофлоры. Последующие обработки осуществляли по истечении 18–24 часов. Такой интервал был выбран с целью воздействия на микроорганизмы, сохранившие жизнеспособность после первоначальной обработки и перешедшие в более чувствительное к озону состояние. Повторные циклы обработки позволяли последовательно снижать микробную обсеменённость продукции без длительного воздействия высоких концентраций озона.

Концентрацию озона при последующих обработках рассчитывали с учётом производительности используемого озонатора, объёма холодильной камеры и заданного режима обработки. Озонирование проводили в замкнутом объёме холодильной камеры при контролируемых параметрах процесса. Всего предусматривалось 3–4 последовательных цикла обработки.



Рисунок 1. Контрольный образец винограда сорта Ризамат и Кора кишмиш

Контрольные образцы хранились в холодильной камере 14 дней при +4°C, влажность 80 – 85 %. На рисунке видно, что сохранность средняя. Виноград сорта Ризамат имеет в грозди растрескивание ягод. Пуриновый слой нарушен. Ягоды винограда Кора Кишмиш имеют среднюю сохранность, происходит постепенное осыпание ягод и одеревенение стебля.

Краткая характеристика исследуемых сортов винограда представлена в таблице 1. *Примечание к таблице.* Обработка проводилась озонатором с производительностью 1000 мг/ч. Время обработки продукции озонно- воздушной смесью рассчитано с учетом размеров камеры холодильника. Размеры камеры холодильника 1,83м×0,61м×0,50м. Объем холодильной камеры V=1,83м*0,61м*0,50м= 0.558 м$^{3.}$

Таблица 1. Агробиологическая и технологическая характеристика опытных сортов винограда

Сорт	Состояние кожицы плодов	Состояние гребня	Воздействие озона О3 .	Концентрация озона и время экспозиции (сек)
Хусайни	Тонкая нежная	Быстро теряет влагу	Защита от плесени	3мг/м^3 5-10 с
Ризамат	Крупный мясистый с плотной кожицей	Кожица имеет склонность к растрескиванию у плодоножки при перепаде показателя влажности	Защита от плесени	3мг/м^3 5-10 с
Кора кишмиш	Мягкие мелкие ягоды с тонкой кожицей	Плохая вентиляция внутри кисти. Гниль распространяется лавинообразно	Защита от плесени и гнили	3мг/м^3 5-10 с

Таблица 2. Исходные физико-химические данные исследуемых сортов винограда

Наименование показателя качества сырья	Сорт Хусайни белый	Сорт Ризамат	Сорт Кора кшмиш	Метод определения / Прибор
Средняя масса грозди, г	450± 25	650 ± 40	360 ± 20	Гравиметрия / Электронные весы ВЛЭ-2100
Показатель строения грозди (масса ягод / масса гребня)	24.5 ± 1.2	32.1 ± 1.5	29.4 ±1.1	Гравиметрия после отделения ягод
Массовая доля сухих растворимых веществ (СРВ), % (°Вх	17.2 ± 0.4	18.5± 0.3	22.4± 0.6	Рефрактометрия / Цифровой рефрактометр PAL-1 (Atago)



Рисунок 2. Образцы винограда Ризамат и Кора Кишмиш после циклической обработки в течении14 дней

Виноград представленный на рис. 2 сорта Ризамат и Кора Кишмиш обрабатывался в течении 14 суток озоном в концентрации 3мг/м^3, время экспозиции 5 – 10 сек, размер холодильной камеры 1,83м×0,61м×0,50м. Время экспозиции рассчитывалось исходя из значения производительности озонатора 1000 мг/ч. Условия хранения: температура в холодильной камере +4°C, влажность 80 – 85 %. Обработка озоном проводилась в течении 14 суток. На рисунке 2. можно видеть, что состояние винограда сорта Ризамат отличное, тургор и целостность ягод сохранена. Состояние винограда сорта Кора Кишмиш: целостность ягод и грозди сохранена, осыпания ягод не наблюдается, но наблюдается начальная стадия высыхания гребня.

Результаты исследования и их обсуждение

Контрольные образцы винограда хранились в холодильной камере в течение 14 дней при температуре +4 °C и относительной влажности воздуха 80–85 % [6, с. 35]. Наблюдения показали, что общая сохранность оценивается как средняя. Виноград помологического сорта Ризамат обнаруживает склонность к растрескиванию отдельных ягод в грозди, при этом его защитный пруиновый (восковой) налет существенно нарушен, что открывает ворота для фитопатогенной инфекции. Ягоды винограда сорта Кора кишмиш также демонстрируют среднюю сохраняемость: в контрольной группе отмечается постепенное осыпание ягод

и нежелательное одревеснение (увядание) стеблей гребня. Образцы винограда сортов Ризамат и Кора кишмиш, прошедшие циклическую (прерывисто-импульсную) обработку в течение 14 суток, обрабатывались озоном в концентрации 3мг/м^3 с экспозицией до полного насыщения в замкнутом объеме лабораторной холодильной камеры [18]. Условия хранения полностью соответствовали контрольной группе (температура +4 °C, влажность 80–85 %).

Визуальный и лабораторный анализ показал, что состояние обработанного винограда сорта Ризамат оценивается как отличное: полностью сохранены тургор и механическая целостность ягод [19]. В опытных образцах сорта Кора кишмиш целостность ягод и структуры грозди также была полностью сохранена, выраженного осыпания не зафиксировано, однако отмечалась начальная стадия высыхания гребня, обусловленная естественными транспирационными процессами. В результате экспериментальных обработок, проводившихся в течение 14 дней, можно сделать ключевые выводы: сорта Хусайни белый и Кора кишмиш в обычных условиях теряют свои товарные качества постепенно. Применение циклического озонирования позволило существенно замедлить процессы увядания и отодвинуть массовое осыпание ягод в среднем на 7 дней позже по сравнению с контрольной партией [15]. Виноград сорта Ризамат после озонирования сохранил превосходный товарный вид, ягоды не потеряли тургор, а пруиновый слой остался неповрежденным. Это указывает на высокую сортовую устойчивость покровных тканей Ризамата к окислительному воздействию низких доз озона [19].

Заключение

Таким образом, перспективность использования прерывисто-импульсного озонирования в процессах холодильного хранения столового винограда Узбекистана экспериментально доказана. Данная экологически безопасная технология позволяет регулировать микробиологические процессы, сохранять исходные физико-химические показатели, питательную ценность, пруиновый слой и тургор ягод [18]. Метод значительно пролонгирует сроки хранения скоропортящейся продукции и минимизирует послеуборочные потери без увеличения себестоимости [19; 13].

Список литературы

1. Агеева Н.М. и др. Влияние озонирования на микробиологические показатели винограда при хранении // Магарач. Виноградарство и виноделие. – 2020. – Т. 22, № 1. – С. 23–26.
2. Борченкова Л.А. Обеспечение качества и безопасности свежей плодоовощной продукции при хранении // Пищевая промышленность. – 2019. – № 11. – С. 62–65.
3. Горлов С.М., Тягущева А.А., Яцушко Е.С.,Карпенко Е.Н. Современные технологии хранения винограда Научный журнал КубГАУ, №159(05), 2020 год.
4. Горлов С.М., Тягущева А.А. Яцушко Е.С., Карпенко Е.Н. Исследование влияния обработки сернистым ангидридом на показатели качества винограда в процессе хранения. Научный журнал КубГАУ, №160(06), 2020 год.
5. Дикарев Д.А. Применение озонирования в технологиях хранения сельскохозяйственного сырья // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2021. – № 3. – С. 32–37.

6. Клементьев А.П., Никитин В.В. Перспективные физические методы снижения потерь растительного сырья // Аграрный вестник. – 2022. – № 4. – С. 48–52.
7. Панфилов В.А. Физико-химические и биологические основы послеуборочной обработки ягод // Достижения науки и техники АПК. – 2018. – № 9. – С. 41–45.
8. Першакова Т.В.Г.А. Купин, В.Н. Алешин, С.М. Горлов, Е.Ю. Панасенко, Современные методы предотвращения микробиологической порчи и увеличения сроков хранения продукции растениеводства. International Journal of Humanities and Natural Sciences – Технические науки -С. 115. – 2018.
9. Хоконова М.Б. Комплексная технология длительного хранения винограда // Известия Кабардино-Балкарского ГАУ. – 2020. – № 2 (28).
10. Шодиева Ш.С., Наркабулова Н.Ч. Роль экологически безопасных методов в повышении сохраняемости плодово-ягодного сырья // Вестник Ташкентского государственного аграрного университета. – 2022. – № 2. – С. 21–25.
11. Яцушко Е.С. Диссертация. Разработка технологии хранения винограда столовых сортов с применением плёнкообразующих покрытий. 2021г. Стр 12. – 2021.
12. Artés-Hernández F. et al. Quality changes of fresh-cut tomato treated with gaseous ozone // Postharvest Biology and Technology. – 2007. – Т. 43, № 3. – P. 363–370.
13. Da E., Sitoe E.P.E., Faroni L.R.A., Santana R.F. Postharvest quality of grapes treated with ozone mist, isolated and combined ozone gas stored at different temperatures // Postharvest Biology and Technology. – 2025. – Т. 228. – Art. 113655.
14. Guzel-Seydim Z.B., Greene A.K., Seydim A.C. Use of ozone in the food industry // LWT – Food Science and Technology. – 2004. – Т. 37, № 2. – P. 239–247.
15. Li Z., Wang Y., Wang X. Ozone treatment controlled postharvest table grape blue mold by regulating ergosterol and ochratoxin A biosynthesis // Postharvest Biology and Technology. – 2025. – Т. 223. – Art. 113102.
16. Sánchez-Rubio M., Taboada-Rodríguez A. et al. Pesticide Residues and Berry Microbiome after Ozonated Water Treatments // Foods. – 2023. – Т. 12, № 17.
17. Sarig P., Zahavi T., Zutkhi Y. Ozone for the control of postharvest decay of table grapes caused by Botrytis cinerea // Physiological and Molecular Plant Pathology. – 1996. – Т. 48, № 3. – P. 89–96.
18. Sharma A., Kumar R. et al. Storage and Quality of Ozone-Fumigated 'Manik Chaman' Table Grapes: A Comparison with Sulfur Dioxide Treatment // Applied Fruit Science. – 2025. – Т. 67, № 4. – P. 312–321.
19. Vinothkannan V., Sethi S., Grover M., Kumar C., Daniel G.A. Postharvest Quality Retention of ‘Flame Seedless’ Grapes Using Aqueous Ozone Treatment // Applied Fruit Science. – 2026. – Т. 68, № 3. – P. 195–204.
20. Zhang C., Wang Q., He H., Wu Y., Shan W., Liu H. Postharvest Preservation Strategies for Table Grapes: A Comprehensive Review from Practical Methods to Future Developments // Plants. – 2025. – Т. 14, № 16.

References

1. Ageeva N.M. i dr. [Effect of ozonation on microbiological indicators of grapes during storage] // Magarach. Vinogradarstvo i vinodelie. – 2020. – Vol. 22, No. 1. (In Russ.).
2. Borchenkova L.A. [Ensuring the quality and safety of fresh fruit and vegetable products during storage] // Pishchevaya promyshlennost'. – 2019. – No. 11. (In Russ.).
3. Gorlov S.M., Tyagushcheva A.A., Yatsushko E.S.,Karpenko E.N. [Modern technologies for storing grapes // Scientific Journal of KubSAU, No. 159(05). – 2020. – No. 159 (05). (In Russ.).
4. Gorlov S.M., Tyagushcheva A.A. [Yatsushko E.S., Karpenko E.N. Study of the effect of sulfur dioxide treatment on grape quality indicators during storage // Scientific Journal of KubSAU, No. 160(06). – 2020. – No. 160 (06). (In Russ.).
5. Dikarev D.A. [Application of ozonation in storage technologies for agricultural raw materials] // Khranenie i pererabotka sel'khozsyr'ya. – 2021. – No. 3. (In Russ.).
6. Klement'ev A.P., Nikitin V.V. [Promising physical methods for reducing losses of plant raw materials] // Agrarnyj vestnik. – 2022. – No. 4. (In Russ.).
7. Panfilov V.A. [Physicochemical and biological foundations of postharvest processing of berries] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – 2018. – No. 9. (In Russ.).
8. Pershakova T.V., G.A. [Kupin, V.N., Aleshin, S.M., Gorlov, E.Yu., Panasenko. Modern methods for preventing microbiological spoilage and extending the storage life of crop products. International Journal of Humanities and Natural Sciences – Technical Sciences – P. 115. 2018] (In Russ.).
9. Khokonova M.B. [Integrated technology for long-term storage of grapes] // Izvestiya Kabardino-Balkarskogo GAU. – 2020. – No. 2 (28). (In Russ.).
10. Shodieva Sh.S., Narkabulova N.Ch. [The role of environmentally safe methods in improving the storability of fruit and berry raw materials] // Vestnik Tashkentskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2022. – No. 2. (In Russ.).
11. Yatsushko E.S. [Dissertation. Development of a storage technology for table grape varieties using film-forming coatings. 2021. P. 12]. – 2021 (In Russ.).
12. Artés-Hernández F. et al. Quality changes of fresh-cut tomato treated with gaseous ozone // Postharvest Biology and Technology. – 2007. – Vol. 43, No. 3. – P. 363–370.
13. Da E., Sitoe E.P.E., Faroni L.R.A., Santana R.F. Postharvest quality of grapes treated with ozone mist, isolated and combined ozone gas stored at different temperatures // Postharvest Biology and Technology. – 2025. – Vol. 228. – Art. 113655.
14. Guzel-Seydim Z.B., Greene A.K., Seydim A.C. Use of ozone in the food industry // LWT – Food Science and Technology. – 2004. – Vol. 37, No. 2. – P. 239–247.
15. Li Z., Wang Y., Wang X. Ozone treatment controlled postharvest table grape blue mold by regulating ergosterol and ochratoxin A biosynthesis // Postharvest Biology and Technology. – 2025. – Vol. 223. – Art. 113102.
16. Sánchez-Rubio M., Taboada-Rodríguez A. et al. Pesticide Residues and Berry Microbiome after Ozonated Water Treatments // Foods. – 2023. – Vol. 12, No. 17.

17. Sarig P., Zahavi T., Zutkhi Y. Ozone for the control of postharvest decay of table grapes caused by Botrytis cinerea // Physiological and Molecular Plant Pathology. – 1996. – Vol. 48, No. 3. – P. 89–96.
18. Sharma A., Kumar R. et al. Storage and Quality of Ozone-Fumigated 'Manik Chaman' Table Grapes: A Comparison with Sulfur Dioxide Treatment // Applied Fruit Science. – 2025. – Vol. 67, No. 4. – P. 312–321.
19. Vinothkannan V., Sethi S., Grover M., Kumar C., Daniel G.A. Postharvest Quality Retention of ‘Flame Seedless’ Grapes Using Aqueous Ozone Treatment // Applied Fruit Science. – 2026. – Vol. 68, No. 3. – P. 195–204.
20. Zhang C., Wang Q., He H., Wu Y., Shan W., Liu H. Postharvest Preservation Strategies for Table Grapes: A Comprehensive Review from Practical Methods to Future Developments // Plants. – 2025. – Vol. 14, No. 16.