

УДК 577152.4

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ АКТИВНОСТИ ФЕРМЕНТОВ ПРИ ХРАНЕНИИ СТОЛОВЫХ СОРТОВ ВИНОГРАДА В РАЗНЫХ ВАРИАНТАХ

© *И.Г. Кязимова^{1*}, А.А. Набиев²*

¹ *Азербайджанский государственный экономический университет,
ул. Истиглаллият, 6, Баку, AZ1001, Азербайджан, kazimovailhama@mail.ru*

² *Азербайджанский технологический университет, пр. Ш.И. Хатаи, 103,
Гянджа, AZ2011, Азербайджан*

Исследование направлено на изучение изменения активности ферментов во время хранения различных столовых сортов винограда. В работе объектами служили три широко используемых сорта винограда в Азербайджане: белый (Гянджинский столовый), розовый (Маранди Шемахинский) и красный (Черная Асма). Цель исследования состоит в выявлении изменений в активности различных ферментов в этих сортах винограда в разных условиях хранения.

В результате исследования столовых сортов винограда, хранившихся в холодильной камере с регулируемой газовой средой (3–4% CO₂, 2–3% O₂) при температуре -1 и -2 °С и влажности воздуха 90–95%, было выявлено значительное снижение активности ферментов при температуре внутри мякоти 0...+1 °С по сравнению с другими вариантами. Также у сорта винограда Маранди Шемахинский активность всех изучаемых ферментов (аскорбатоксидазы, о-дифенолоксидазы, пероксидазы и каталазы) была подавлена на 100%. Эти результаты указывают на значительное влияние температуры и газовой среды на активность ферментов и качество винограда в процессе хранения.

В ходе исследования было выявлено, что розовый сорт винограда Маранди Шемахинский обладает значительно более высоким содержанием минеральных веществ, в частности калия, магния и даже йода, по сравнению с другими сортами.

При хранении столовых сортов винограда было установлено, что активность изучаемых ферментов при хранении по 5-му варианту не только снижается по сравнению с другими вариантами, но некоторые из них даже полностью прекращают свою активность на 100%. В результате инактивации ферментов при хранении сортов винограда внешний вид и качественные показатели сорта винограда Маранди Шемахинского превосходили другие сорта. Установлено, что при хранении сортов винограда в V варианте в процессе дыхания минеральные вещества расходовались меньше по сравнению с другими вариантами. Поэтому рекомендуется хранить сорта винограда в данном исследовании по предложенному 5-му способу.

Ключевые слова: Гянджинский столовый, Маранди Шемахинский, Черная Асма, аскорбатоксидаза, о-дифенолоксидаза, пероксидаза, каталаза.

Для цитирования: Кязимова И.Г., Набиев А.А. Исследование изменения активности ферментов при хранении столовых сортов винограда в разных вариантах // Химия растительного сырья. 2025. №1. С. 266–275. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20250115107>.

Введение

Виноград с высокой пищевой ценностью широко распространен в большинстве стран мира, в том числе и в Азербайджане [1, 2]. Состав винограда богат полезными простыми сахарами, алифатическими и ароматическими органическими кислотами, фенольными соединениями, витаминами, каротиноидами, макро-, микро-элементами и другими полезными веществами, которые легко усваиваются организмом человека [3].

Минеральные соединения в винограде играют ключевую роль в поддержании здоровья человека. Они не только участвуют в регулировании метаболических процессов, но также необходимы для синтеза различных биологически важных веществ, таких как белки, ферменты, гормоны и витамины. Виноград является ценным продуктом питания, богатым минеральными элементами, такими как калий, магний, кальций и другие. Поэтому его употребление рекомендуется в течение всего года. Однако обеспечение высокого

* Автор, с которым следует вести переписку.

качества винограда для населения является важной задачей для виноградарства, особенно в контексте современных технологий. Использование современных методов виноградарства, таких как оптимизация условий хранения, контроль за составом почвы, подкормка и орошение растений, может помочь в производстве качественной продукции с высоким содержанием минеральных соединений. Это важно не только для поддержания здоровья потребителей, но и для улучшения общего состояния виноградарской отрасли.

Обеспечение населения экологически чистой и безопасной продукцией является приоритетной задачей для каждого государства. В контексте столового винограда важно не только производить высококачественную продукцию, но и обеспечивать ее сохранность в процессе хранения и транспортировки. Изучение теоретических и практических аспектов хранения винограда имеет огромное значение, поскольку это позволяет оптимизировать условия его хранения, уменьшить потери и сохранить качество продукции на протяжении всего периода хранения. Развитие новых технологий и методов хранения, а также применение современных методов контроля за качеством продукции помогают сократить потери и улучшить условия хранения столового винограда. Это не только способствует обеспечению населения качественной и безопасной продукцией, но и помогает улучшить экономические показатели виноградарской отрасли.

Углубленное изучение биологических и физиологических процессов, связанных с хранением винограда, а также четкое представление о них важны для качества продукта. Для сохранения качества винограда необходимо знать, какие процессы в них происходят при хранении и какие факторы внешней среды влияют на протекание этих процессов. Стойкость винограда при хранении определяется сроком его хранения в благоприятных условиях. Способность винограда храниться в определенной зоне и сезоне, а также в агротехнических и технологических режимах называется консервацией. Хранение обычно определяется количеством, рассчитываемым как процент от потери веса продуктов во время хранения. В целом устойчивость винограда к хранению – это их естественная особенность. Поэтому один и тот же сорт можно по-разному хранить в разных условиях [4].

Способы и методы хранения плодовоовощной продукции достаточно консервативны, а точнее, достаточно устоявшиеся. Но наука и техника не стоит на месте, новые исследования и открытия в самых разных отраслях, от биологии до холодильной промышленности, позволили во многом улучшить ситуацию. Увеличилась продолжительность хранения свежих овощей и фруктов, появились новые технологии охлаждения и хранения продуктов, а существующие холодильные технологии существенно усовершенствовались [5].

Основное отличие винограда от других плодов и ягод состоит в том, что его состав богат глюкозой и фруктозой, органическими кислотами, преимущественно фенольными соединениями [6]. Известно, что фенольные соединения (катехины, антоцианы, бифлавоноиды и др.) способствуют выведению радиации из организма человека [7, 8]. Обилие минеральных веществ в винограде участвует в синтезе белков, ферментов, гормонов и других биологически активных веществ, важных для организма [9]. Однако люди в основном используют виноград с высокой пищевой ценностью в качестве продовольственной культуры в течение сезона (1–2 месяца). С этой целью исследовательская работа посвящена круглогодичному обеспечению людей качественным виноградом.

Вопросы обеспечения сохранности столового винограда, улучшения условий их хранения и сокращение их потерь приобретает большое значение. В связи с этим изучение теоретических основ и практических вопросов хранения винограда является актуальной проблемой.

Все это позволяет утверждать, что целесообразным является проведение исследования, посвященного качественному хранению в пяти вариантах в условиях регулируемой газовой среды (РГС).

Изучение теоретических основ и практических вопросов хранения винограда в условиях РГС имеет большое значение для обеспечения сохранности продукции и улучшения условий хранения. Регулируемая газовая среда может помочь увеличить срок хранения винограда, сократить потери и сохранить качество продукции. Проведение исследования по качественному хранению в пяти вариантах в РГС является целесообразным для более глубокого понимания процессов хранения винограда и оптимизации условий его сохранения. Данные схемы хранения могут помочь выявить оптимальные методы и условия для сохранения винограда с высокой пищевой ценностью.

Цель работы – исследование активности ферментов при хранении столовых сортов винограда.

Экспериментальная часть

Объектом исследования служили широко используемые в стране белый столовый сорт винограда – Гянджинский столовый, розовый сорт винограда – Маранди Шемахинский, а также красный сорт винограда Черная Асма.

Столовые сорта винограда были собраны с виноградников производственной компании «Амин», действующей в поселке Гарайери Самухского района. Хранение отдельных столовых сортов винограда осуществлялось в холодильных камерах НАА Агротара, действующей недалеко от города Гянджа более пяти месяцев.

Исследования проводились в 2018–2020 гг.

Перед хранением сорта винограда сортируют, очищают от больных ягод, упаковывают в специальные емкости массой 8–10 кг и помещают в холодильные камеры.

Сорта винограда, хранящиеся в холодильной камере, изучали по пяти вариантам.

Вариант I: хранение столовых сортов винограда в холодильных камерах в условиях регулируемой газовой среде – 3–4% CO₂, 2–3% O₂.

Вариант II: хранение столовых сортов винограда в холодильных камерах в условиях регулируемой газовой среды – 1–2% CO₂, 2–3% O₂.

Вариант III: хранение в холодильной камере, сжигая серу через каждые 7 дней, т.е. проводили окуривание сернистым ангидридом. Вариант III включал хранение винограда в холодильной камере с использованием сернистого ангидрида для окуривания с целью сохранения качества и улучшения условий хранения. Виноград помещали в холодильные камеры с контролируемыми условиями. Температура внутри камеры поддерживалась на уровне 0...+2 °C, а влажность воздуха составляла 85–92%. Для улучшения условий хранения проводилось окуривание сернистым ангидридом через каждые 7 дней. Это действие имеет цель уменьшить развитие микробов и предотвратить гниение винограда. В течение хранения регулярно проводили проверку температуры винограда с использованием термометра «Posket Test Thermometre». Это помогло следить за тем, чтобы температура внутри ягод не поднималась выше допустимого уровня и не возникали нежелательные процессы, такие как замораживание.

Вариант IV: хранение в холодильной камере, сжигая серу через каждые две недели (контроль).

Сначала виноград исследовали в четырех вариантах. В это время температура холодильной камеры, где хранился виноград, составляла 0...+2 °C, а влажность воздуха – 85–92%. В этих исследованных вариантах температура внутри ягоды винограда была +3...+4 °C, а в некоторых случаях даже +5 °C.

Примечание. В результате исследования активность ферментов в указанных вариантах была недостаточно инaktivирована, поэтому необходимо было изучить еще один вариант.

Вариант V: хранение столовых сортов винограда в холодильных камерах в условиях регулируемой газовой среды – 3–4% CO₂, 2–3% O₂, температурой -1...-2 °C, влажностью 90–95%. В период хранения температура внутри винограда составляла 0 °C, а в некоторых случаях +1 °C. В этом варианте при хранении винограда в холодильнике процесса заморозки не наблюдалось. При длительном хранении ягод винограда в холодильнике регулярно проверяли температуру с помощью «Posket Test Thermometre».

Динамику изменения активности ферментов аскорбатоксидазы, о-дифенолоксидазы, пероксидазы и каталазы, относящихся к классу оксидоредуктаз, у всех трех сортов проводя анализ один раз в месяц от начала до конца хранения сортов винограда (в течение пяти месяцев). Исследовались количественное содержание сахаров, в том числе глюкозы и фруктозы, титруемой кислотности, пектиновых веществ, витамина C в ходе хранения сортов винограда определяли методами, изложенными в [10].

Количество фенольных соединений в сортах винограда определяли методом хромато-масс-спектрометрии, а количество минеральных веществ – на атомно-адсорбционном спектрометре Aanalyst 400 (PerkinElmer, США) [11].

Обсуждение результатов

Исследовали активность ферментов перед хранением столовых сортов винограда.

Фермент аскорбатоксидаза (FT.1.10.3.3) является представителем аэробных дегидрогеназ и широко распространен в растениях, в том числе в винограде. Этот фермент выполняет важную биологическую функцию при созревании и хранении винограда. Таким образом, фермент аскорбатоксидаза катализирует превращение аскорбиновой кислоты (витамина C) в дегидро-L-аскорбиновую кислоту.

Фермент *o*-дифенолоксидаза (FT.1.14.18.2) катализирует превращение широкого спектра фенольных соединений в ортоксенон в аэробной среде. Повышение активности фермента вызывает изменение окраски винограда, а его задержка или активность позволяет фруктам и ягодам, в том числе винограду, оставаться в исходном состоянии.

Пероксидаза (FT.1.11.1.7) является представителем анаэробных дегидрогеназ и представляет собой фермент, ускоряющий биологическое окисление в присутствии перекиси водорода. Этот фермент катализирует окисление полифенолов и ряда ароматических аминов в присутствии перекиси водорода.

Фермент каталаза (FT.1.11.1.8), образующийся в процессе дыхания у растений, в том числе у винограда, расщепляет перекись водорода на воду и молекулярный кислород, защищая растение от вреда. При хранении винограда должны быть созданы условия, чтобы активность указанных ферментов была снижена или полностью прекращена. В противном случае повышение активности ферментов приводит к уменьшению количества содержащихся в нем витамина С, фенольных соединений и др. [12].

Изменения активности указанных ферментов в исследуемых сортах винограда представлены в таблице 1. Из значений таблицы 1 следует, что перед хранением столовых сортов винограда исследуемые ферменты оксидоредуктаз находились в активной форме. Во всех трех сортах винограда наибольшая активность наблюдалась у фермента пероксидазы, а самая слабая – у каталазы.

Как свидетельствуют данные, приведенные в таблице 1, до хранения сортов винограда исследуемые оксидоредуктазы находились в активной форме. Во всех трех сортах винограда наибольшая активность наблюдалась у фермента пероксидазы, за ней следуют *o*-дифенолоксидаза и аскорбатоксидаза, а самая слабая активность отмечена у каталазы.

Если у Гянджинского столового винограда активность фермента пероксидазы составляла 2.20 мк/моль, то для *o*-дифенолоксидазы этот показатель составил 0.74 мк/моль, для аскорбатоксидазы – 0.68 мк/моль, для каталазы – 0.42 мк/моль. Показатели такие же, как у сортов Маранди Шамахинского и Черная Асма. Это можно объяснить тем, что повышение активности ферментов приводит к уменьшению количества содержащихся в нем витамина С, фенольных соединений и др. [13]

Основные показатели качества сортов винограда, количественно определенные до хранения, приведены в таблице 2.

Из данных таблицы 2 видно, что сорта винограда богаты сахарами. В них содержится до 19.5–21.4 г/100 г сахаров. Более 90% всех сахаров состоит из глюкозы и фруктозы. Из значений таблицы 2 выясняется, что фруктозы больше, чем глюкозы во всех сортах винограда. Фруктоза имеет в два раза более сладкий вкус, чем глюкоза, что сказывается на потребительских свойствах винограда. Титруемая кислотность имеет особое значение в формировании собственного аромата и вкуса винограда, а также в его способности к длительному хранению [14]. В результате исследований установлено, что кислотность у красного сорта винограда Черная Асма выше, чем у белого и розового винограда.

Как видно из таблицы 2, содержание пектина в Гянджинском столовом винограде значительно ниже, чем в сорте Черная Асма. Если в Гянджинском столовом сорте винограда содержание пектиновых веществ составляет 0.12 г/100 г, то в Маранди Шамахинском – 0.16 г/100 г, а в сорте Черная Асма – 0.31 г/100 г. По сравнению с Гянджинским столовым сортом виноград Маранди Шамахинский и Черная Асма более богаты витамином С.

Также из данных таблицы 2 видно, что кроме сахаров и титруемой кислотности виноград содержит фенольные соединения. Большое количество фенольных соединений в пищевых продуктах, в том числе в винограде, угнетает активность некоторых болезнетворных микроорганизмов, даже вирусов [15, 16]. Поэтому потребление человеком продуктов питания, богатых фенольными соединениями, в том числе винограда, в течение всего года способствует их защите от инфекционных и других заболеваний [17].

Виноград считается важным пищевым продуктом в ежедневном рационе человека. В результате недостатка минеральных веществ в организме человека нарушается синтез некоторых важных для организма ферментов, белков, витаминов и других веществ. Они участвуют в процессе обмена веществ, что создает условия для развития различных заболеваний у людей. Количество минеральных веществ в растениях, в том числе и в винограде, зависит от почвенно-климатических условий, специфических особенностей сорта и других факторов [18]. Известно, что калий важен в регуляции сердечной деятельности, магний – в выведении поваренной соли, накапливающейся в почках и других органах, йод – в синтезе тиреоидных гормонов

щитовидной железы [19, 20]. Поэтому важно иметь в ежедневном рационе человека продукты растительного происхождения, богатые минеральными веществами, в том числе виноград. Результаты исследований содержания минеральных веществ и йода в столовых сортах винограда показаны в таблице 3.

Из значений таблицы 3 следует, что сорт винограда Маранди Шамахинский более богат минеральными веществами, в основном калием, магнием, а также йодом, по сравнению с другими сортами. Даже содержание железа в сорте Маранди Шамахинский выше, чем в сортах Гянджинский столовый и Черная Асма.

Исследование изменений активности ферментов при хранении столовых сортов винограда в разных вариантах. При длительном хранении плодов и ягод, а также винограда в холодильной камере должны быть созданы условия, подавляющие активность ферментов. Повышение активности ферментов создает условия для расщепления качественных показателей пищевых продуктов, которые используются при дыхании. Поэтому активность ферментов, в основном оксидоредуктаз, необходимо постоянно регулировать, чтобы хранить виноград в холодильнике длительное время (более пяти месяцев). Динамика изменения активности ферментов во время хранения приведена в таблице 4.

Как свидетельствуют данные, приведенные в таблице 4, при хранении исследуемых столовых сортов винограда в холодильной камере по вариантам I–IV их активность изменялась по-разному. При хранении сортов винограда в холодильнике по варианту IV (контроля) активность некоторых ферментов не только не снижалась, но даже превышала исходный вариант. Повышение активности фермента ускоряет использование питательных веществ, в том числе витамина С, в дыхательном процессе, что может негативно сказаться на сроках хранения винограда.

Так, при хранении столового винограда сорта Гянджинский столовый в первом варианте активность фермента аскорбатоксидазы снизилась на 84.8%, этот показатель составил 76.3% во втором варианте, 68.1% – по третьему варианту. А в контроле (вариант IV) активность фермента не только снизилась, но и увеличилась на 15.4% по сравнению с исходным вариантом.

Таблица 1. Активность ферментов перед хранением столовых сортов винограда, мк/моль

Показатели	Сорта винограда		
	Гянджинский столовый	Маранди Шамахинский	Черная Асма
Аскорбатоксидаза	0.68	0.55	0.66
о-дифенолоксидаза	0.74	0.76	0.72
Пероксидаза	2.20	1.66	2.10
Каталаза	0.42	0.38	0.33

Таблица 2. Содержание показателей качества перед хранением столовых сортов винограда, г/100 г

Показатели	Сорта винограда		
	Гянджинский столовый	Маранди Шамахинский	Черная Асма
Общий сахар	21.4	20.6	19.5
Глюкоза	9.3	8.4	8.2
Фруктоза	9.8	9.6	9.3
Титруемая кислотность	0.74	0.68	0.82
Пектиновые вещества	0.28	0.31	0.52
Пектин	0.12	0.16	0.31
Протопектин	0.16	0.15	0.21
Витамин С	0.074	0.094	0.110
Фенольные соединения	0.34	0.42	0.56

Таблица 3. Содержание минеральных веществ и йода перед хранением столовых сортов винограда, мг/100 см³

Показатели	Сорта винограда		
	Гянджинский столовый	Маранди Шамахинский	Черная Асма
Калий	426.2	456.4	365.1
Натрий	18.0	24.8	17.6
Магний	312.5	386.4	281.6
Железо	8.6	10.2	8.7
Медь	4.8	6.7	5.2
Цинк	1.6	2.3	1.4
Йод	0.2	0.6	0.3

Примечание: содержание йода измеряется в мкг/100 см³.

Таблица 4. Изменение активности ферментов при хранении столовых сортов винограда в разных вариантах, %

Показатели	Варианты				
	I	II	III	IV	V
	В условиях РГС 3–4% CO ₂ 2–3% O ₂	В условиях РГС 1–2% CO ₂ 2–3% O ₂	Сжигая серу 1 раз в неделю	Сжигая серу 1 раз в две недели	В условиях РГС 3–4% CO ₂ 2–3% O ₂ , в камере температура -1...-2 °C
Гянджинский столовый					
Аскорбатоксидаза	84.8	76.3	68.1	+15.4	94.4
о-дифенолоксидаза	83.8	75.2	66.5	24.6	96.2
Пероксидаза	80.5	77.1	71.6	+4.8	100
Каталаза	78.2	72.4	67.4	+15.2	93.8
Маранди Шамахинский					
Аскорбатоксидаза	86.2	80.6	72.4	+7.8	96.5
о-дифенолоксидаза	89.6	82.1	72.6	50.5	100
Пероксидаза	82.4	79.2	78.7	48.2	100
Каталаза	81.7	78.7	74.5	52.1	100
Черная Асма					
Аскорбатоксидаза	85.2	77.4	70.2	+12.6	95.6
о-дифенолоксидаза	86.1	74.3	67.8	28.5	100
Пероксидаза	80.6	75.6	70.4	26.3	100
Каталаза	78.6	70.5	68.2	+12.4	94.2

Из значений таблицы 4 следует, что в контрольном варианте (IV) во время хранения в холодильной камере сорта винограда Гянджинский столовый активность других ферментов, кроме О-дифенилоксидазы, повышалась. А в сорте винограда Маранди Шамахинский повышение ферментативной активности установлено только у фермента аскорбатоксидазы – 7.8%. При хранении винограда сорта Черная Асма в холодильной камере активность ферментов о-дифенилоксидазы и пероксидазы снижалась, а активность ферментов аскорбатоксидазы и каталазы возрастала.

Также из значений таблицы 4 следует, что при хранении сортов винограда в холодильной камере по вариантам I–IV ингибирования активности всех ферментов не наблюдалось. Инактивации ферментов не происходит, и это объясняется в основном тем, что температура внутри винограда составляет +3...+5 °C. Поэтому исследовали активность ферментов в предлагаемом пятом варианте (температура холодильной камеры – -2...-3 °C, а температура внутри ягоды винограда – 0...+1 °C).

Данные таблицы 4 свидетельствуют, что по сравнению с другими вариантами активность ферментов в пятом варианте снизилась больше, а некоторые из них перестали функционировать на 100%. Например, у сорта винограда Маранди Шамахинского активность фермента аскорбатоксидазы снизилась на 95.6%, а другие ферменты прекратили свою активность на 100%. Дезактивация или ингибирование ферментов предотвращает разложение питательных компонентов, находящиеся в составе винограда. Сорта винограда, хранящиеся в каждом варианте, дегустировались по 10-балльной шкале. В результате дегустации установлено, что при хранении сортов винограда по пятому варианту были получены более высокие оценки по сравнению с другими вариантами.

В таблице 5 показано снижение содержания минеральных веществ и йода при хранении исследованных сортов винограда разными способами.

В результате исследований установлено, что при хранении сортов винограда в холодном помещении в условиях регулируемой газовой среды минеральные вещества расходуются значительно меньше по сравнению с другими вариантами. Если при хранении сорта винограда Гянджинский столовый в условиях РГС количество минеральных веществ снижалось в пределах 3.2–14.5%, то при хранении путем сжигания серы в камере этот показатель изменялся в пределах 23.7–32.5%. Из сравнения сортов выяснено, что наименьшее изменение минеральных веществ установлено в сорте Маранди Шамахинский (табл. 5).

Из сравнения вариантов в таблице 5 установлено, что при хранении сортов винограда в пятом варианте в процессе дыхания меньше расходовались минеральные вещества по сравнению с другими вариантами. Например, если при хранении сорта винограда Гянджинский столовый в первом варианте содержание калия уменьшилось на 10.1%, то во втором варианте этот показатель уменьшился на 14.5%, в третьем – на

23.7%, в четвертом – на 32.5%, в пятом варианте она была значительно меньше – 5.4%. Полученные результаты были идентичны с другими минеральными веществами. При хранении сортов винограда в пятом варианте количество минеральных веществ в сортах винограда Маранди Шамахинский значительно меньше расходуется на процесс дыхания по сравнению с Гянджинским столовым и Черной Асмой.

Была проведена дегустация для определения показателей качества при хранении сортов винограда в разных вариантах (табл. 6). В результате дегустации установлено, что при хранении сортов винограда по первому варианту она составляла 8.6–9.2 балла, по второму варианту – 8.4–9.0 балла. Также по третьему варианту дегустация составила 8.0–8.6 балла, а четвертый – 7.4–7.8 и пятый вариант – 9.2–9.8 балла.

Следовательно, целесообразным является хранение винограда в холодильной камере по предложенному нами пятому варианту.

Таблица 5. Динамика содержания минеральных веществ и йода при хранении столовых сортов винограда в холодильной камере, в %

Показатели	Варианты				
	I	II	III	IV	V
	В условиях РГС 3–4% CO ₂ 2–3% O ₂	В условиях РГС 1–2% CO ₂ 2–3% O ₂	Сжигая серу 1 раз в неделю	Сжигая серу 1 раз в две недели	В условиях РГС 3–4% CO ₂ 2–3% O ₂ , в камере температура -1...-2 °C
Гянджинский столовый					
Калий	10.1	14.5	23.7	32.5	5.4
Натрий	8.9	12.4	20.1	28.7	4.8
Магний	9.5	10.5	18.0	27.2	4.4
Железо	6.0	8.1	19.5	28.2	3.2
Медь	7.2	7.9	15.1	24.5	3.5
Цинк	10.4	11.3	16.4	30.1	5.2
Йод	8.7	9.8	17.2	25.6	4.1
Маранди Шамахинский					
Калий	7.6	9.2	12.1	14.5	3.1
Натрий	6.1	7.4	10.3	14.2	2.7
Магний	7.8	8.2	8.8	10.1	3.2
Железо	5.2	7.3	8.2	9.4	9.8
Медь	5.8	6.7	10.4	11.7	2.7
Цинк	6.4	7.2	9.6	12.5	3.4
Йод	6.3	6.8	8.1	8.7	2.5
Черная Асма					
Калий	10.4	12.3	21.7	28.9	6.2
Натрий	9.2	13.4	18.6	26.5	5.1
Магний	8.4	11.5	18.4	24.2	4.6
Железо	5.8	7.6	20.5	27.1	3.0
Медь	7.9	8.7	14.2	22.3	3.2
Цинк	11.5	12.6	18.1	26.7	6.4
Йод	8.8	10.2	12.4	16.8	4.6

Таблица 6. Дегустация (в баллах) качества сортов винограда при хранении

Варианты				
I	II	III	IV	V
В условиях РГС 3–4% CO ₂ 2–3% O ₂	В условиях РГС 1–2% CO ₂ 2–3% O ₂	Сжигая серу 1 раз в неделю	Сжигая серу 1 раз в две недели	В условиях РГС 3–4% CO ₂ 2–3% O ₂ , в камере температура -1...-2 °C
Гянджинский столовый				
8.6	8.4	8.0	7.4	9.4
Маранди Шамахинский				
9.2	9.0	8.6	7.8	9.8
Черная Асма				
8.6	8.4	8.0	7.6	9.2

Выводы

1. В результате исследований установлено, что столовые сорта винограда богаты необходимыми для организма человека питательными веществами, в основном простыми сахарами, органическими кислотами, фенольными соединениями, минеральными веществами, а также йодом. Перед хранением полностью созревших сортов винограда установлено, что ферменты аскорбатоксидаза, *o*-дифенолоксидаза, пероксидаза и каталаза в их составе постоянно активны и по-разному изменяются.

2. В результате исследований установлено, что сорт винограда Маранди Шамахинский значительно богат минеральными веществами, в основном калием, магнием и даже йодом, по сравнению с другими сортами.

3. При хранении столовых сортов винограда установлено, что активность изучаемых ферментов при хранении по пятому варианту не только снижается по сравнению с другими вариантами, но некоторые из них даже прекращают свою активность на 100%. В результате инактивации ферментов при хранении сортов винограда внешний вид и качественные показатели сорта винограда Маранди Шамахинский превосходили другие сорта. Установлено, что при хранении сортов винограда в V варианте в процессе дыхания минеральные вещества расходовались меньше по сравнению с другими вариантами. Это свидетельствует о более эффективной сохранности питательных элементов в плодах винограда. Поэтому рекомендуется хранить сорта винограда по предложенному в данном исследовании V способу.

Финансирование

Данная работа финансировалась за счет средств бюджета Азербайджанского государственного экономического университета и Азербайджанского технологического университета. Никаких дополнительных грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было.

Конфликт интересов

Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Открытый доступ

Эта статья распространяется на условиях международной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая разрешает неограниченное использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии, что вы дадите соответствующие ссылки на автора(ов) и источник и предоставите ссылку на Лицензию Creative Commons и укажете, были ли внесены изменения.

Список литературы

1. Pənahov T.M., Səlimov V.S., Zari A.M. Azərbaycanca üzümçülük. Bakı, 2010. 224 s.
2. Kazımova İ.H. Müxtəlif üzüm sortlarından istifadə etməklə konyak şərab materialı istehsalı texnologiyasının işlənməsi: Diss. avt. tex. üzrə fəlsəfə dok. Gəncə, 2014. 22 s.
3. Nəbiyev Ə.Ə., Məsləmzadə E.Ə. Qida məhsullarının biokimyası. Bakı, 2008. 444 s.
4. Маматожиев Ш.И., Отажонova Б.Б. Контроль качества при хранении винограда // Universum: технические науки: электронный научный журнал. 2020. №12(81)
5. Рекомендуемые условия хранения овощей, фруктов и ягод [Электронный ресурс]. URL: http://www.in-frost.com.ua/articles/vegetable_storage/storage_temperature.html.
6. Vlassi E., Vlachos P., Kornaros M. Effect of ozonation on table grapes preservation in cold storage // J. Food Sci. Technol. 2018. Vol. 55(6). Pp. 2031–2038. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3117-y>.
7. Orucov V.M. Üzüm sortlarının yetişməsi və saxlanması zamanı fenol birləşmələrinin tədqiqi: Diss. avt. biol. üzrə fəlsəfə doktoru. Bakı, 2014. 22 s.
8. Nəbiyev Ə.Ə., Nəzənova N.R., Tağıyev M.M. Qida məhsullarının texnologiyasının nəzəri əsasları. Gəncə, 2008. 245 s.
9. Кязимова И.Г. Окислительные ферменты винограда, влияющие на качество коньячных виноматериалов // Виноделие и виноградарство. 2013. №4. С. 41–43.
10. Методы техно-химического контроля в виноделии / под общ. ред. В.Г. Гержиковой. Симферополь, 2009. 304 с.
11. Flamini R., Traldi P. Mass Spectrometry in Grape and Wine Chemistry. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2010. <https://doi.org/10.1002/9780470552926>.
12. Кязимова И.Г., Набиев А.А. Исследование пектиновых веществ при хранении различных сортов столового винограда, произрастающих в Азербайджане // Химия растительного сырья. 2023. №2. С. 361–368. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20230211951>.
13. Киселева Г.К., Ильина И.А., Петров В.С., Запорожец Н.М., Соколова В.В., Вялков В.В. Использование фермента пероксидазы для диагностики устойчивости сортов винограда (*Vitis vinifera* L.) к низким температурам // Садоводство и виноградарство. 2022. №4. С. 27–33.
14. Nabiyev A., Kazimova I.A., Kazimova I.H., Gasimova A., Nasrullayeva G., Yusifova M. Assessment of quality indicators in the technology of blended juices from the fruits and berries of pumpkin, quince, rose hips, and persimmon //

- Eastern-European Journal of Enterprise Technologie. 2023. Vol. 5, no. 11 (125). Pp. 67–75. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.289778>.
15. Wu R., Frei B., Kennedy J.A., Zhao Y. Effects of refrigerated storage and processing technologies on the bioactive compounds and antioxidant capacities of "Marion" and "Evergreen" blackberries // *LWT – Food Sci. and Technol.* 2010. Vol. 43, no. 8. Pp. 1253–1264.
 16. Salimov V. Examination of Variability in Morphological and Biological Characteristics of Some Grape Varieties of Azerbaijan // *Viticulture Studies*. 2022. Vol. 2(2). Pp. 81–93. <https://doi.org/10.52001/vis.2022.13.81.93>.
 17. Cefola M., Pace B. High CO₂-modified atmosphere to preserve sensory and nutritional quality of organic table grape (cv. 'Italia') during storage and shelf-life // *European Journal of Horticultural Science*. 2016. Vol. 81(4). Pp. 197–203.
 18. Kunter B., Unal O.B., Keskin S., Hatterman-Valenti H., Kaya O. Comparison of the sugar and organic acid components of seventeen table grape varieties produced in Ankara (Türkiye): a study over two consecutive seasons // *Frontiers in Plant Science*. 2024. Vol. 15. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1321210>.
 19. Kazimova I.A., Gasimova A.A., Akhundov P.F., Nabiyev A.A. et al. The yields of opaque juice and pomace of pumpkin, quince, persimmon fruits, and dogrose berries processed using various methods // *Mitteilungen Klosterneuburg*. 2020. Vol. 70. Pp. 10–19.
 20. Gurbanova S.O., Gasimova A.A., Babayeva U.A., Khusayinova I.Y., Nabiyev A.A. The study of biochemical indices of persimmon fruit under various storage conditions // *SYLWAN*. 2018. Vol. 162 (4). Pp. 175–187.

Поступила в редакцию 20 апреля 2024 г.

После переработки 6 июня 2024 г.

Принята к публикации 25 июня 2024 г.

Kazimova I.H.^{1}, Nabiev A.A.²* RESEARCH CHANGES IN ENZYME ACTIVITY DURING STORAGE OF TABLE GRAPE VARIETIES IN DIFFERENT OPTIONS

¹ *Azerbaijan State University of Economics, ul. Istiqlallıyyat, 6, Baku, AZ1001, Azerbaijan, kazimovailhama@mail.ru*

² *Azerbaijan Technological University, pr. Sh.I. Khatai, 103, Ganja, AZ2011, Azerbaijan*

The study aims to study changes in enzyme activity during storage of different table grape varieties. In the work, the objects were three widely used grape varieties in Azerbaijan: white (Ganja table), pink (Marandi Shemakha) and red (Black Asma). The purpose of the study is likely to be to identify changes in the activity of various enzymes in these grape varieties under different storage conditions.

As a result of a study of table grape varieties stored in a refrigeration chamber with a controlled gas environment (3–4% CO₂, 2–3% O₂) at temperatures of -1 and -2 °C and air humidity of 90–95%, a significant decrease in enzyme activity was revealed at a temperature inside the pulp of 0...+1 °C compared to other options. Also, in the Marandi Shamakhi grape variety, the activity of all studied enzymes (ascorbate oxidase, o-diphenoloxidase, peroxidase and catalase) was suppressed by 100%. These results indicate a significant influence of temperature and gas environment on the activity of enzymes and the quality of grapes during storage.

The study revealed that the pink grape variety Marandi Shamakhi has a significantly higher content of minerals, in particular potassium, magnesium and even iodine, compared to other varieties.

When storing table grape varieties, it was found that the activity of the studied enzymes during storage according to the 5th option not only decreases compared to other options, but some of them even completely stop their activity by 100%. As a result of enzyme inactivation during storage of grape varieties, the appearance and quality indicators of the Marandi Shamakhinsky grape variety were superior to other varieties. It was found that when storing grape varieties in the V-th option, less minerals were consumed during respiration compared to other options. Therefore, it is recommended to store the grape varieties in this study according to the proposed 5th method.

For citing: Kazimova I.H., Nabiev A.A. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2025, no. 1, pp. 266–275. (in Russ.). <https://doi.org/10.14258/jcpr.20250115107>.

* Corresponding author.

References

1. Panakhov T.M., Salimov V.S., Zari A.M. *Vinogradarstvo v Azerbaydzhanе*. [Viticulture in Azerbaijan]. Baku, 2010, 224 p. (in Azer.).
2. Kazimova I.Kh. *Razrabotka tekhnologii proizvodstva kon'yachnykh vinomaterialov s ispol'zovaniyem razlichnykh sortov vinograda: Diss. ... Doktor filosofii v oblasti tekhnologii*. [Development of technology for the production of cognac wine material using different grape varieties: Diss. ... doc. of philosophy on technology]. Ganja, 2014, 22 p. (in Azer.).
3. Nabiyeв A.E., Muslemzade E.E. *Biokhimiya pishchevykh produktov*. [Biochemistry of food products]. Baku, 2008, 444 p. (in Azer.).
4. Mamatozhiyev Sh.I., Otazhonova B.B. *Universum: tekhnicheskiye nauki: elektronnyy nauchnyy zhurnal*, 2020, no. 12(81). (in Russ.).
5. *Rekomenduyemye usloviya khraneniya ovoshchey, fruktov i yagod* [Recommended storage conditions for vegetables, fruits and berries]. URL: http://www.infrost.com.ua/articles/vegetable_storage/storage_temperature.html. (in Russ.).
6. Vlasi E., Vlachos P., Kornaros M. *J. Food Sci. Technol.*, 2018, vol. 55(6), pp. 2031–2038. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3117-y>.
7. Orudzhev V.M. *Izucheniye fenol'nykh soyedineniy pri sozrevanii i khranении sortov vinograda: Diss. avtor, doktor biologicheskikh nauk*. [Study of phenolic compounds during ripening and storage of grape varieties: Diss. author, Ph.D. in biology]. Baku, 2014, 22 p. (in Azer.).
8. Nabiyeв A.A., Gasanova N.R., Tagiyev M.M. *Teoreticheskiye osnovy tekhnologii pishchevykh produktov*. [Theoretical foundations of food technology]. Ganja, 2008, 245 p. (in Azer.).
9. Kyazimova I.G. *Vinodeliye i vinogradarstvo*, 2013, no. 4, pp. 41–43. (in Russ.).
10. *Metody tekhnokhimicheskogo kontrolya v vinodelii* [Methods of techno-chemical control in winemaking], ed. V.G. Gerzhikova. Simferopol', 2009, 304 p. (in Russ.).
11. Flamini R., Traldi P. *Mass Spektrometry in Grape and Wine Chemistry*. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2010. <https://doi.org/10.1002/9780470552926>.
12. Kyazymova I.G., Nabiyeв A.A. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2023, no. 2, pp. 361–368. <https://doi.org/10.14258/jcpm.20230211951>. (in Russ.).
13. Kiseleva G.K., Il'ina I.A., Petrov V.S., Zaporozhets N.M., Sokolova V.V., Vyalkov V.V. *Sadovodstvo i vinogradarstvo*, 2022, no. 4, pp. 27–33. (in Russ.).
14. Nabiyeв A., Kazimova I.A., Kazimova I.H., Gasimova A., Nasrullayeva G., Yusifova M. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologie*, 2023, vol. 5, no. 11 (125), pp. 67–75. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.289778>.
15. Wu R., Frei B., Kennedy J.A., Zhao Y. *LWT – Food Sci. and Technol.*, 2010, vol. 43, no. 8, pp. 1253–1264.
16. Salimov V. *Viticulture Studies*, 2022, vol. 2(2), pp. 81–93. <https://doi.org/10.52001/vis.2022.13.81.93>.
17. Cefola M., Pace B. *European Journal of Horticultural Science*, 2016, vol. 81(4), pp. 197–203.
18. Kunter B., Unal O.B., Keskin S., Hatterman-Valenti H., Kaya O. *Frontiers in Plant Science*, 2024, vol. 15. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1321210>.
19. Kazimova I.A., Gasimova A.A., Akhundov P.F., Nabiyeв A.A. et al. *Mitteilungen Klosterneuburg*, 2020, vol. 70, pp. 10–19.
20. Gurbanova S.O., Gasimova A.A., Babayeva U.A., Khusayinova I.Y., Nabiyeв A.A. *SYLWAN*, 2018, vol. 162 (4), pp. 175–187.

Received April 20, 2024

Revised June 6, 2024

Accepted June 25, 2024

Сведения об авторах

Казимова Ильхама Гусейн – доктор философии по технике, доцент кафедры инженерии и прикладных наук, kazimovailhama@mail.ru

Набиев Ахад Али – доктор наук по биологии, профессор кафедры пищевой инженерии и экспертизы, ahad.nabiyev@mail.ru

Information about authors

Kazimova Ilhama Huseyn – Doctor of Philosophy in Engineering, Associate Professor at the Department of Engineering and Applied Sciences, kazimovailhama@mail.ru

Nabiyev Ahad Ali – Doctor of Science in Biology, Professor of the Department of Food Engineering and Expertise, ahad.nabiyev@mail.ru