ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПЛОДОВ СЛИВЫ И ЯБЛОНИ ПО НЕКОТОРЫМ БИОХИМИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ, В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГЕНОТИПА И УСЛОВИЙ ВЫРАЩИВАНИЯ

ASSESSMENT OF THE QUALITY OF PLUM AND APPLE FRUITS BY SOME BIOCHEMICAL INDICATORS, DEPENDING ON THE GENOTYPE AND GROWING CONDITIONS

CZU: 577.15:[634.11 + 634.22] **https://doi.org/10.59295/spd2025e.25**

Валентина СВЕТЛИЧЕНКО
ORCID: 0000-0002-7376-949X
E-mail: valentina.svetlicenco@sti.usm.md
Молдавский государственный университет, Кишинэу, Республика Молдова

Анна ПОПОВИЧ
ORCID: 0009-0000-9543-0625
E-mail: ana.popovici@sti.usm.md
Молдавский государственный университет, Кишинэу, Республика Молдова

Summary. *The article presents the results of studies on biochemical characteristics that demonstrate the quality of plum and apple fruits. In fully ripe fruits, polyphenoloxidase activity and accumulation of phenolic substances were determined. The experiment was carried out in lysimeters on trees grown under different conditions (with irrigation and moisture deficit). The results of the study show that some plum and apple varieties demonstrated a higher level of polyphenoloxidase activity, which may be due to their adaptation to stress conditions, such as changes in temperature and humidity. It was determined that the accumulation of phenolic substances in fruits depended on both growing conditions and biological characteristics of varieties. The highest level of enzyme activity and content of the studied substances was observed in plum fruits. The results obtained during biochemical studies on plum and apple provide important information on the effect of growth conditions on their drought resistance and its relationship with fruit quality.*

Keywords**:** *apple tree, drought, enzyme polyphenol oxidase, plum, phenolic substances, temperature.*

ВВЕДЕНИЕ

Изменение климата отражается на экосистемах и системах сельскохозяйственного производства во всем мире. Среди последствий изменения климата — увеличение частоты засух в разгар вегетационного периода. Высокие температуры и недостаток влаги являются отрицательными факторами, ограничивающими ареал культур сливы и яблони, и вызывающими снижение урожая. Температур-

ные условия оказывают большое влияние на формирование плодовых почек, время созревания и качество плодов. Особенно чувствительны деревья к недостатку влаги в почве после окончания цветения, когда происходит формирование плодов и активный рост побегов. В засушливую погоду резко падает накопление запасных веществ в побегах и прекращается их рост [1].

Важными показателями функционального состояния плодовых растений являются антиоксидантные ферменты. Они способствуют качественному изменению обмена веществ в онтогенезе растений, обеспечивая их адаптацию к изменяющимся постоянным условиям внешней среды. К числу таких ферментов относится полифенолоксидаза, она не входит в состав антиоксидантной системы, но ее роль в ответных реакциях на неблагоприятные условия произрастания растений неоспорима. Многочисленные данные свидетельствуют [2, 3], что в стрессовых условиях активность этого фермента возрастает. Активность полифенолоксидазы играет важную роль в качестве плодов сливы, яблони и др., так как ее действие заключается в окислении различных полифенолов в присутствии кислорода воздуха [3].

Качество плодов определяется различными показателями, которые всесторонне характеризуют их свойства и потребительскую ценность [4]. Важнейший его показатель - биохимический состав и, в первую очередь, концентрация антиоксидантов, таких как фенольные соединения. Плоды сливы и яблони являются хорошим источником полифенолов [5, 6, 7, 8]. Фенольные вещества помогают нейтрализовать свободные радикалы в организме, что может снижать риск развития различных заболеваний, включая сердечно – сосудистые и некоторые виды рака [9]. Это делает плоды сливы и яблони не только вкусными, но и полезными для здоровья. Включение этих фруктов в рацион может способствовать укреплению иммунной системы и улучшению общего состояния организма [10, 11].

Целью нашего исследования было определение уровня активности полифенолоксидазы и содержания полифенольных соединений в плодах различных сортов сливы и яблони, выращенных как в условиях орошения, так и при недостатке влаги.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Опыты, проводились в лизиметрах Института Генетики, Физиологии и Защиты Растений, Государственного Университета Молдовы, согласно установленной схеме эксперимента в период вегетации на деревьях поздних сортов сливы – Стенлей и Удлинённая, а также на зимних сортах яблони – Голден Спур и Гренни Смит (таб. 1).

Таблица 1. Схема эксперимента.

№	Варианты	Проведение корневой обработки в период вегетации
1.	Опытный вариант: растения выращенные в условиях водного дефицита (без орошения)	В начале периода вегетации (март), в грунт вокруг деревьев сливы и яблони были добавлены микроэлементы.
2.	Контрольный вариант: растения выращенные в условиях при наличии орошения	В начале периода вегетации (март), в грунт вокруг деревьев сливы и яблони были добавлены микроэлементы.

Изменение активности фермента полифенолоксидазы определяли по методу описанному Воскресенской О. Л. [12]; общее содержание фенольных веществ определяли по методу предложенному Singleton V. L. [13]. Математическую обработку полученных результатов проводили в программе Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Полифенолоксидаза участвует в окисление монофенолов и ортодифенолов, что может влиять на цвет, вкус и питательные свойства плодов [3]. Изменение ее активности может свидетельствовать о стрессе, вызванном под воздействием факторов окружающей среды [2]. Полагают, что увеличение экспрессии генов полифенолоксидазы при действии стрессовых факторов, напрямую связано с устойчивостью растений [14, 15].

Полученные результаты исследований показали, что уровень активности полифенолоксидазы в плодах сливы и яблони, значительно варьировал, в зависимости от биологических особенностей сортов и условий их выращивания. Таким образом, в момент сбора урожая уровень активности фермента в плодах сливы Стенлей, выращенных при орошении, оказался на 21,8 % ниже, чем у плодов с деревьев, растущих в условиях нехватки влаги. Аналогично у сорта сливы Удлиненная эта разница составила 31,03 %. У исследуемых плодов яблони между вариантами опыта, также наблюдалась разница в активности фермента, которая у сорта Голден Спур составила – 13,41%, а у сорта Грэнни Смит – 3,23%. Проведенные опыты позволили выявить, что наиболее высокая активность полифенолоксидазы была у плодов сливы сорта Стенлей - 0,275 ед. опт. пл. г/с, а самый низкий уровень активности фермента наблюдался у плодов яблони сорта Голден Спур – 0,0239 ед. опт. пл. г/с (рис. 1). Различия в активности фермента между сортами яблони и сливы могут указывать на их разные физиологические и биохимические реакции на условия выращивания и стрессовые факторы.

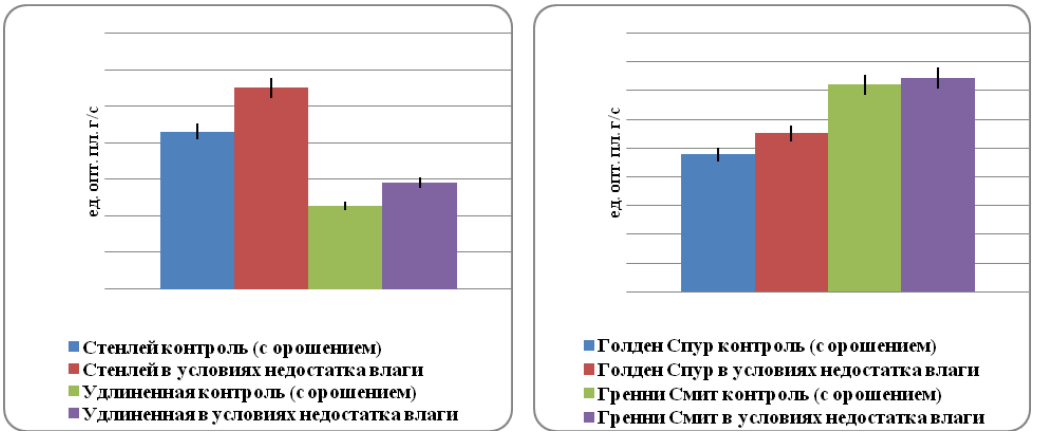


Рисунок 1. Изменение активности полифенолоксидазы в плодах сливы и яблони исследуемых сортов, в зависимости от условий выращивания.

Основная роль в иммунной системе плодов принадлежит фенольным веществам. Они подавляют рост и размножение многих патогенных микроорганизмов [15]. В системе устойчивости плодов фенольные вещества играют роль защитного барьера от различных заболеваний, препятствуя проникновению патогенных микроорганизмов вглубь их тканей [16]. Общее содержание фенольных соединений в яблоках разных сортов составляет 126 мг/100 г, в сливе - 170 мг/100 г. Уровень содержания этих веществ в плодах изменяется в широких пределах в зависимости от вида, сорта, условий сезона, местоположения на дереве, а также от поражения их болезнями [11].

Накопление фенольных соединений в плодах представляет собой сложный процесс, зависящий от различных факторов. Исследование этих факторов может способствовать оптимизации условий выращивания, что в свою очередь, повысит качество и питательную ценность фруктов. Анализ полученных результатов показал, что плоды деревьев, которые росли в условиях орошения, содержали наибольшее количество фенольных веществ.

Самая большая разница по содержанию изучаемых веществ между опытным и контрольным вариантом была выявлена у сорта сливы Стенлей - 14,08% и у сорта яблони Грэнни Смит –23,5%. У сорта сливы Удлиненная эта разница составила - 5,48%, у плодов яблони сорта Голден Спур - 17%. Согласно полученным данным, сорт сливы Удлиненная продемонстрировал самый высокий уровень содержания фенольных веществ – 292 мг/100г сырой массы. Сорт сливы Стенлей, также показал достаточно высокое содержание фенолов- 284, мг/100г, а сорта яблони Грэнни Смит и Голден Спур содержали меньше фенольных веществ - 200 мг/100г и –138 мг/100г (рис. 2).

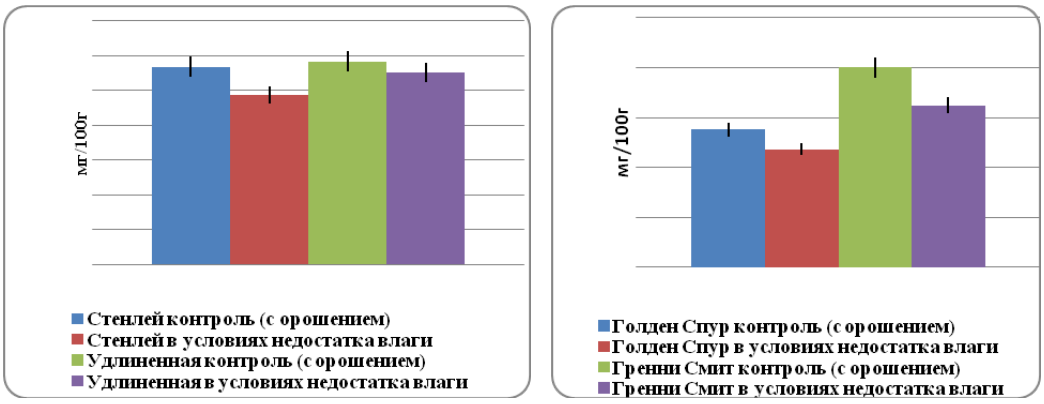


Рисунок 2. Содержание полифенольных веществ в плодах сливы и яблони.

Можно сказать, что абиотические факторы, такие как температура и влажность почвы, играют ключевую роль в развитии растений и качестве их плодов. Недостаток влаги вызывает стресс у растений, что приводит к изменениям в метаболизме и снижению содержания полезных веществ, таких как полифенолы, которые важны для вкуса, аромата и антиоксидантных свойств плодов. Высокая температура усиливает окислительные процессы и приводит к повышению уровня активности полифенолоксидазы, что негативно сказывается на качественных характеристиках плодов сливы и яблони.

ВЫВОДЫ

1. Определено, что активность полифенолоксидазы и уровень фенольных веществ в плодах сливы и яблони, зависят от различных факторов, включая условия выращивания, биологические характеристики сортов и метаболические процессы, происходящие в растениях в течение вегетационного периода. Эти факторы играют важную роль в формировании химического состава плодов и их питательных свойств.

2. Установлено, что в плодах сливы активность фермента полифенолоксидазы и содержание фенольных веществ были выше по сравнению с плодами яблони. Полученные данные свидетельствуют о более высоком уровне антиоксидантных качеств сливы, что в свою очередь может оказывать положительное влияние на ее питательные свойства и сохранность.

3. Эксперименты, проведенные на плодах сливы и яблони при росте в условиях дефицита влаги, позволили выявить специфические особенности сортов на примере биохимических показателей. Устойчивые сорта отличались более высоким качеством плодов. Полученные данные, углубляют понимание физиолого-биохимических механизмов, влияющих на качество фруктов выращенных в усло-

виях засухи. Это открывает перспективы для оптимизации их роста и улучшения вкусовых характеристик.

БИБЛИОГРАФИЯ:

1. *Физиолого-биохимические исследования плодовых пород*. Под ред. Пономарченко, Н.С. и др. Кишинэу: «Штиинца», 1989. 159 с. ISBN 5-376-00302-7.
2. КУЗНЕЦОВА, В.А., БЛИНОВА, А.А., ИВАЧЕНКО, Л.Е. Влияние гипо- и гипертермии на удельную активность ферментов класса оксидоредуктаз семян сои и множественность их форм В: *Достижения науки и техники АПК, «Земледелие и растениеводство»*. 2020, т. 34. № 7, с.39-44. ISSN 0235-2451.
3. МЕТЛИЦКИЙ, Л.В. *Биохимия плодов и овощей.* Москва: Экономика, 1970. 271 с.
4. ГУДКОВСКИЙ, В.А. и др. Совершенствование комплексной системы качества плодов - основа повышения эффективности садоводства. В: *Достижения науки и техники АПК.* 2010. №11, с. 28-31. ISSN 0235-2451.
5. ПРИЧКО, Т. Г. и др. Закономерности накопления витаминов и полифенолов в плодах и ягодах. В: *Плодоводство*. Самохваловичи, 2009, т. 21, с. 365–372.
6. POPOVICI, A., SVETLICENCO, V., GÎSCĂ, A. Activitatea polifenoloxidazei și a conținutului total de substanțe fenolice în fructele de prun în dependență de genotip, metodele de păstrare aplicate si varianta de tratare în perioada de vegetație. In: *Știința în Nordul Republicii Moldova: realizări, probleme, perspective:* materiale conferinței științifică Națională cu participare Internațională, Ediția a VII-a, 23-24 mai. 2024, Bălți, Republica Moldova, 2024, pp. 78-83.
7. VLAIC, RA. et al. The Changes of Polyphenols, Flavonoids, Anthocyanins and Chlorophyll Content in Plum Peels during Growth Phases: from Fructification to Ripening. In: *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca.*2018, vol. 46, nr. 1, pp. 148-155. ISSN (print): 0255-965X; (electronic): 1842-4309.
8. KAYA, E. Biochemical properties of polyphenol oxidase purifed from Sarali plum (Prunus domestica). In: *Journal of Food Measurement and Characterization.* (2024) 18:6473–6484 Available: https://doi.org/10.1007/s11694-024-02663-y [Accessed: 27.05.2025].
9. БОБРЫШЕВА, Т.Н. и др. Полифенолы как перспективные биологически активные соединения. В: *Вопросы питания.* 2023, т. 92, №1, с. 92-107. ISSN (print): 0042-8833.
10. БАНТАШ, В. Г. *Формирование пектинового и фенольного комплексов яблок в условиях интенсивной культуры и обработки кальцием в связи с качеством плодов:* дис. канд. биол. наук. Кишинев, 1984. 178 с.

11. РИХТЕР, А. А., ГОРИНА, В. М. Полифенолы тканей плодов косточковых культур в профилактике некоторых заболеваний человека. В: *Плодоводство.* Ялта, Россия, 2018, т. 30, с. 273-283.
12. ВОСКРЕСЕНСКАЯ, О.Л., АЛЯБЫШЕВА, Е.А., ПОЛОВНИКОВА, М.Г. *Большой практикум по биоэкологии.* Учебное пособие. Часть I, Марийский ГОС Унив. Йошкар - Ола*,* 2006. 107 с. ISBN 5-94808-239-3.
13. SINGLETON, V.L., ORTHOFER, R.,LAMUELA-RAVENTOS, R.M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. In: Methods Enzymology. 1999, vol. 299, pp. 152-178. ISSN 0076-6879.
14. ПАЛИЙ, А.Е. Изменение активности полифенолоксидазы в листьях маслины европейской в холодный период на южном берегу Крыма. В: *Бюллетень ГНБС*. 2020. Вып. 135, с. 66-71. ISSN 0513-1634.
15. ZHANG, S. Recent Advances of Polyphenol Oxidases in Plants. In: *Moleculus*. 2023. 28(5):2158. Available: doi:10.3390/molecules28052158 [Accessed:21.05.2025].
16. ЗАПРОМЕТОВ, М.Н. *Фенольные соединения: Распространение, метаболизм и функции в растениях.* Москва: Наука, 1993. 272 с.

N.B. *Cercetările au fost realizate în cadrul Subprogramului 011101 „Abordări genetice și biotehnologice de management al agroecosistemelor în condițiile schimbărilor climatice”, finanțat de Ministerul Educației și Cercetării.*