

УДК 663.252.4:579.863/.864:577.15  
DOI 10.34919/IM.2023.84.61.008

ОРИГИНАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

## Влияние фенольных веществ на рост природных штаммов молочнокислых бактерий виноделия

Танашук Т.Н.<sup>✉</sup>, Шаламитский М.Ю., Загоруйко В.И., Семенова К.А.

Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарач» РАН,  
г. Ялта, Республика Крым, Россия

<sup>✉</sup>magarach\_microbiol.lab@mail.ru

**Аннотация.** В статье представлены результаты исследования ростовой активности природных штаммов молочнокислых бактерий (МКБ) в присутствии гидроксибензойных кислот (галловой и ванилиновой), гидроксикоричных кислот (р-кумаровой, кофейной и транс-феруловой), (+)-катехин гидрата и промышленных препаратов танина. Объектами исследования являлись 13 штаммов МКБ (9 штаммов *Oenococcus oeni*, 3 штамма *Lactocaseibacillus paracasei* и один штамм *Lentilactobacillus hilgardii*) из рабочей коллекции лаборатории микробиологии института «Магарач», обладающих высокой активностью к сбраживанию L-яблочной кислоты. Ростовую активность штаммов оценивали фотоэлектроколориметрическим методом. Показана высокая зависимость эффекта влияния отдельных фенольных веществ на ростовую активность МКБ, как в зависимости от штамма, так и от используемого фенольного соединения. В разной степени оказывали влияние на ослабление клеточного роста ванилиновая, кофейная, р-кумаровая и транс-феруловая кислоты. Так, р-кумаровая кислота полностью подавляла рост всех исследуемых штаммов; кофейная и транс-феруловая кислоты значительно влияли на снижение роста штаммов; ванилиновая кислота обладала более слабым ингибирующим действием по сравнению с кофейной и транс-феруловой кислотами. Стимулировала рост штаммов галловая кислота, не оказывала влияние – (+)-катехин гидрат. В целом гидроксибензойные кислоты оказывали меньшее влияние на рост штаммов, чем гидроксикоричные. Исследование показало, что применяемые в виноделии препараты танинов в зависимости от их типа также могут влиять на развитие МКБ в вине, ингибируя или стимулируя их рост. Полученные результаты указывают на целесообразность проведения оценки устойчивости штаммов МКБ к отдельным фенольным соединениям при проведении селекционных работ.

**Ключевые слова:** активность роста; *O. oeni*; *L. paracasei*; *L. hilgardii*; ванилиновая кислота; кофейная кислота; р-кумаровая кислота; транс-феруловая кислота; (+)-катехин гидрат; галловая кислота.

**Для цитирования:** Танашук Т.Н., Шаламитский М.Ю., Загоруйко В.И., Семенова К.А. Влияние фенольных веществ на рост природных штаммов молочнокислых бактерий виноделия // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2023;25(4):376-382. DOI 10.34919/IM.2023.84.61.008.

ORIGINAL RESEARCH

## The effect of phenolic substances on the growth of natural wine strains of lactic acid bacteria

Tanashchuk T.N.<sup>✉</sup>, Shalamitskiy M.Yu., Zagoruiko V.I., Semenova K.A.

All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking Magarach of the RAS, Yalta, Republic of Crimea, Russia

<sup>✉</sup>magarach\_microbiol.lab@mail.ru

**Abstract.** The article presents the results of studies on growth activity of natural strains of lactic acid bacteria (LAB) over hydroxybenzoic acids (gallic and vanillic), hydroxycinnamic acids (p-coumaric, caffeic and trans-ferulic), (+)-catechin hydrate and technical tannin preparations. The objects of research were 13 LAB strains (9 strains of *Oenococcus oeni*, 3 strains of *Lactocaseibacillus paracasei*, and one strain of *Lentilactobacillus hilgardii*) from the working collection of Microbiology Laboratory of the Institute Magarach, which possess high activity to ferment L-malic acid. Growth activity of strains was assessed using the photoelectrocolorimetric method. High dependence of the effect of individual phenolic substances on growth LAB activity was shown, depending on both the strain, and the phenolic compound used. Vanillic, caffeic, p-coumaric and trans-ferulic acids had an influence of varying degree on a decrease in cell growth. Thus, p-coumaric acid completely suppressed the growth of all studied strains; caffeic and trans-ferulic acids had a significant effect on reducing the growth of strains; vanillic acid had a lower inhibitory effect compared to caffeic and trans-ferulic acids. Gallic acid stimulated the growth of strains; (+)-catechin hydrate had no effect. In general, hydroxybenzoic acids had lesser effect on the growth of strains than hydroxycinnamic acids. The study showed that tannin preparations used in winemaking, depending on their type, can also influence the development of LAB in wine, inhibiting or stimulating their growth. The results obtained indicate the advisability of assessing the resistance of LAB strains to individual phenolic compounds during the selection activity.

**Key words:** growth activity; *O. oeni*; *L. paracasei*; *L. hilgardii*; vanillic acid; caffeic acid; p-coumaric acid; trans-ferulic acid; (+)-catechin hydrate; gallic acid.

**For citation:** Tanashchuk T.N., Shalamitskiy M.Yu., Zagoruiko V.I., Semenova K.A. The effect of phenolic substances on the growth of natural wine strains of lactic acid bacteria. Magarach. Viticulture and Winemaking. 2023;25(4):376-382. DOI 10.34919/IM.2023.84.61.008 (in Russian).

### Введение

Сегодня виноделы рекомендуют проведение яблочно-молочного брожения (ЯМБ) при производстве большинства красных вин и некоторых белых

вин, особенно тех, которые выдерживаются в дубовой таре и подвергаются длительной выдержке в бутылках. Количество фенольных веществ в белых винах может варьировать от 150 до 1500 мг/л, в красных – от 1000 до 5000 мг/л [1, 2] и зависит от сорта винограда, технологических приемов переработки сырья и хранения виноматериалов. Опубликовано много сведений о влиянии фенольных веществ на рост мо-

лочнокислых бактерий (МКБ), среди которых наиболее часто встречаются данные о влиянии гидроксикоричных и гидроксibenзойных кислот, которые присутствуют в виноматериалах в концентрациях от 100 до 200 мг/л [3]. Основная фенольная кислота – галловая обнаружена в красных винах в количестве 52-95 мг/л, в белых винах – около 7-19 мг/л [4, 5]. Наиболее значительными из флавоноидов винограда являются катехины, количество которых на уровне 190 мг/л в красных винах и 35 мг/л – в белых винах [3], в то же время, по отдельным сведениям, их количество может достигать 400 мг/л [6].

В литературе встречаются сведения, что успешное проведение ЯМБ в виноматериалах, приготовленных из некоторых красных сортов винограда, может быть затруднительно [7, 8]. Некоторые фенольные вещества винограда могут являться одной из причин, так как в зависимости от их структуры и концентрации они способны оказывать активирующий или ингибирующий эффект на рост МКБ, по-разному влияя на их метаболизм и прохождение ЯМБ [9–22]. Еще один ключевой вопрос, возникающий в связи с гарантированным проведением ЯМБ, касается селективности ингибирующего действия фенольных веществ вина в зависимости от используемых штаммов МКБ, однако исследования различных энологических видов МКБ немногочисленны [11, 19, 24]. Изучение негативного влияния на рост и метаболизм МКБ, и, следовательно, на запуск и скорость ЯМБ, также открывает возможности применения полифенолов в качестве альтернативы использования сульфитов в борьбе с МКБ на этапах приготовления вин [20, 23].

Таким образом, несмотря на многочисленные сообщения о влиянии полифенолов на МКБ вина, данная проблема изучена недостаточно, поскольку система сложна как по химическому составу, так и по разнообразию штаммов.

**Цель исследования** – изучить влияние ванилиновой, кофейной, р-кумаровой, транс-феруловой, галловой кислот, (+)-катехина гидрата, а также промышленных препаратов танина из кожицы белого винограда, галлового орешка, древесины каштана на рост штаммов МКБ, принадлежащих к видам *Oenococcus oeni*, *Lacticaseibacillus paracasei* и *Lentilactobacillus hilgardii*.

#### Объекты и методы исследований

Объектами исследования являлись 13 природных штаммов МКБ (9 штаммов *O. oeni* (К.1, К.3, К.4, К.6, К.17, К.19, К.24, К.25, К.48), 3 штамма *L. paracasei* (П.4, П.39, П.41) и один штамм *L. hilgardii* (П.83)) из рабочей коллекции лаборатории микробиологии института «Магарач», выделенные из винограда и вин Крыма в 2018-2019 гг. Данные штаммы были выбраны как перспективные для проведения ЯМБ в высококислотных виноматериалах [25, 26].

Для культивирования МКБ использовали виноградное сусло, разведенное водой до содержания сахаров 50 г/л с добавлением 10 г/л дрожжевого экстракта. Корректировку pH среды до значения 3,4 проводили добавлением DL-яблочной кислоты

(Sigma-Aldrich, США). Предварительно проведенное исследование при выборе pH среды культивирования показало, что в опытной среде при значении pH 3,0 штаммы по накоплению биомассы мало отличались от контрольных образцов, что позволило считать значение pH 3,0 определяющим ингибирующим фактором и исключить влияние исследуемых фенольных соединений на ростовую активность МКБ в данных условиях. Наиболее явно влияние фенольных соединений на ростовую активность исследуемых МКБ и их штаммовые отличия по устойчивости к исследуемым фенольным кислотам проявились при значении pH среды 3,4, что позволило нам данный показатель принять за основу при выборе режимов культивирования.

В работе использовали фенольные вещества: ванилиновую, кофейную, р-кумаровую, транс-феруловую кислоты, (+)-катехина гидрат (Sigma-Aldrich, США); галловую кислоту («Диаэм», Россия), конденсированный танин из кожицы белого винограда («Martin Vialatte», Франция), гидролизные танины из галлового орешка («Erbslöh», Германия) и из древесины каштана («Ajinomoto», Япония). Эти соединения были выбраны как наиболее часто используемые в исследованиях из-за их способности влиять на рост тестируемых штаммов [11]. Отдельно готовили маточные растворы фенольных кислот и катехина с концентрацией 10 г/л в 60 %-ном этаноле, маточные растворы танинов – 10 г/л в 30 %-ном этаноле и добавляли к питательной среде после стерилизации до концентрации 500 мг/л, наиболее часто представленной в литературе [11, 27]; танины – до исходной концентрации 200 мг/л, выбранной по рекомендации производителей. Контролем служили посеы исследуемых штаммов МКБ на питательную среду без добавления фенольных веществ.

Накопительные культуры МКБ получали при культивировании в аэробных условиях в течение 3-5 суток при температуре  $(28 \pm 0,5)^\circ\text{C}$  до достижения оптической плотности накопительной культуры 0,8-1,2 при длине волны 590, что соответствует примерно  $10^8$ - $10^9$  клеток/мл среды. Среду разливали по 7 мл в микробиологические пробирки под ватно-марлевыми пробками и вносили культуру до начальной концентрации  $10^6$  клеток/мл среды. Пробирки с посевами культивировали в термостате пять суток при температуре  $(28 \pm 0,5)^\circ\text{C}$ , перемешивая несколько раз в сутки.

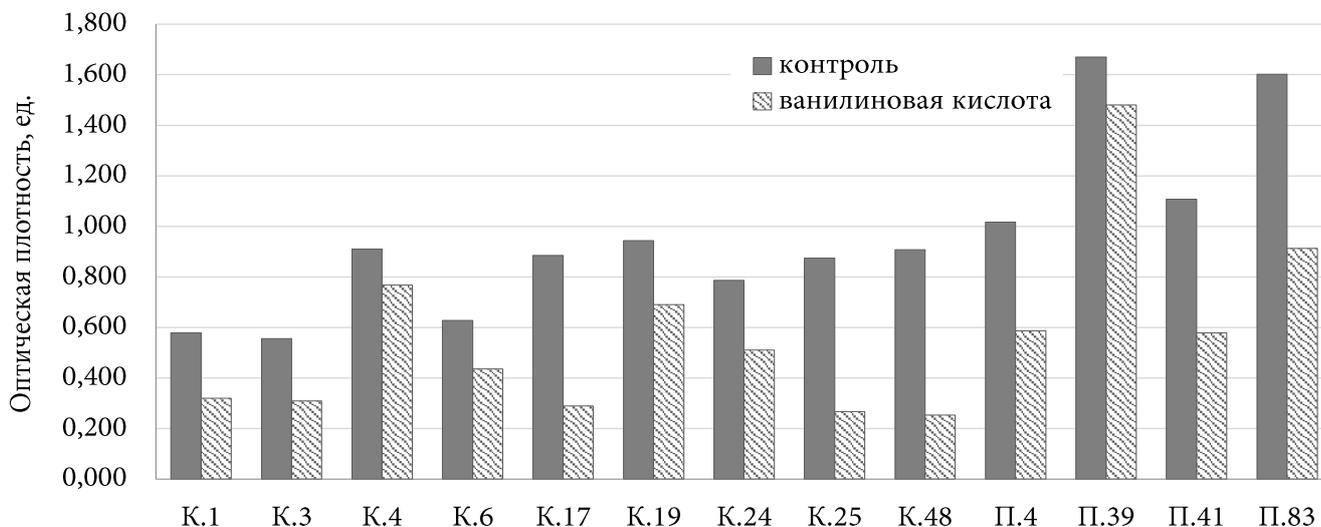
Ростовую активность штамма оценивали по накоплению биомассы путем измерения оптической плотности клеточной суспензии на фотоэлектроколориметре КФК-3 в кювете с длиной оптического пути 10 мм при длине волны 590 нм. Отсутствие роста определяли при сравнении с оптической плотностью среды сразу после засева.

Математическая обработка данных. Все эксперименты выполняли в трёх повторностях, аналитические измерения – в двух повторностях. За критерий значимости отличий между группами данных принимали критерий вероятности  $p < 0,10$ .

### Результаты и их обсуждение

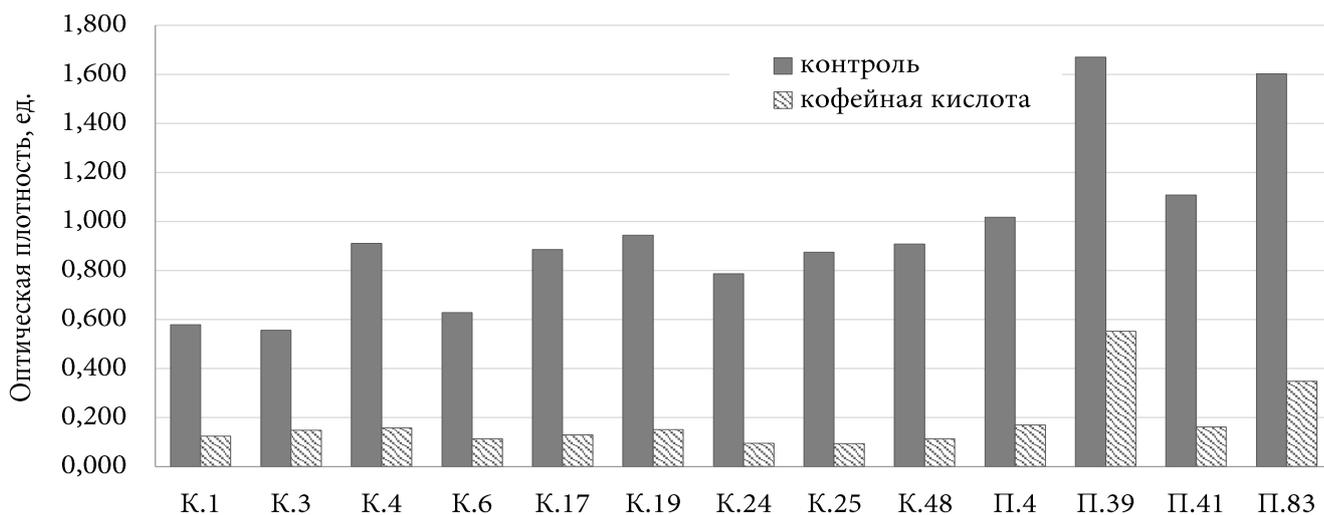
На рисунках 1-6 представлены результаты росто- вой активности природных штаммов МКБ в присут-

ствии гидроксibenзойных кислот (галловой и вани- линовой), гидроксикоричных кислот (р-кумаровой, кофейной и транс-феруловой), (+)-катехина гидрата,



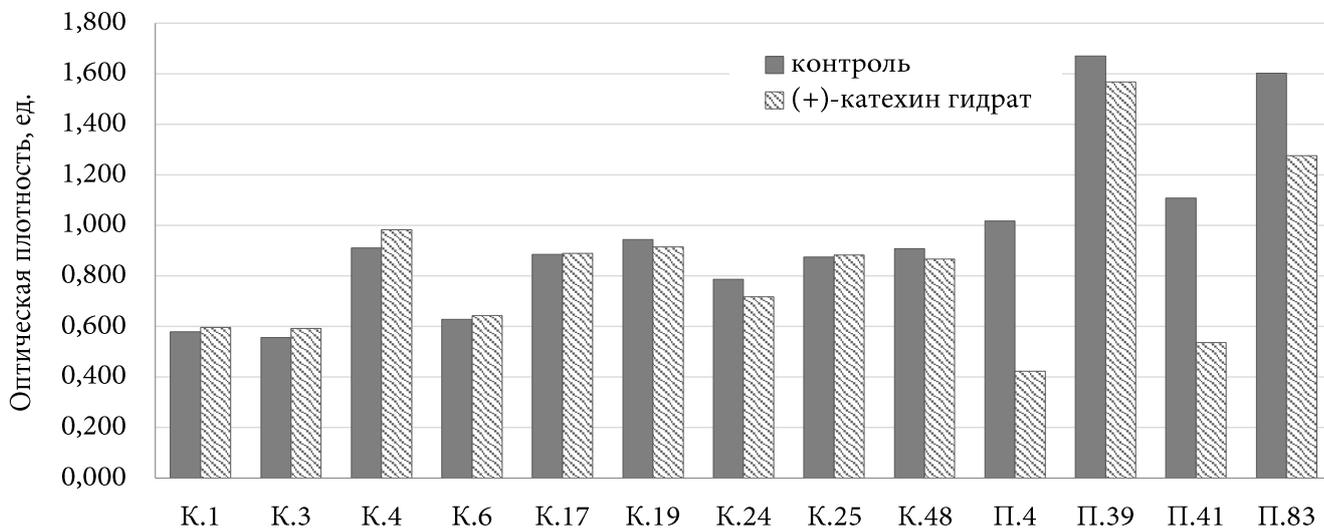
**Рис. 1.** Влияние ванилиновой кислоты на рост штаммов МКБ

**Fig. 1.** The effect of vanillic acid on the growth of LAB strains



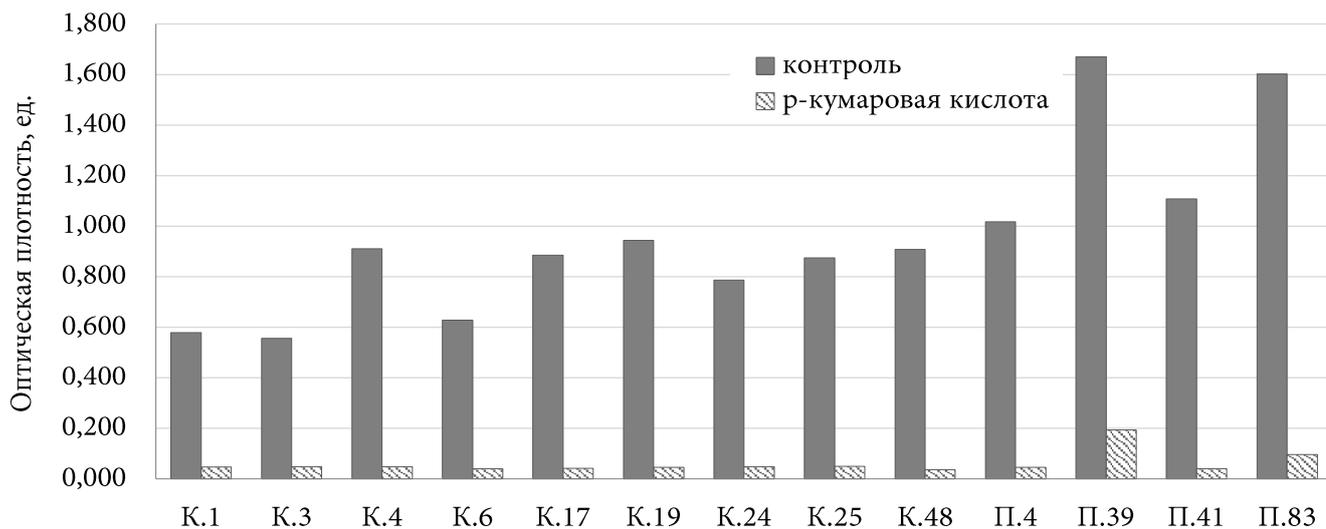
**Рис. 2.** Влияние кофейной кислоты на рост штаммов МКБ

**Fig. 2.** The effect of caffeic acid on the growth of LAB strains

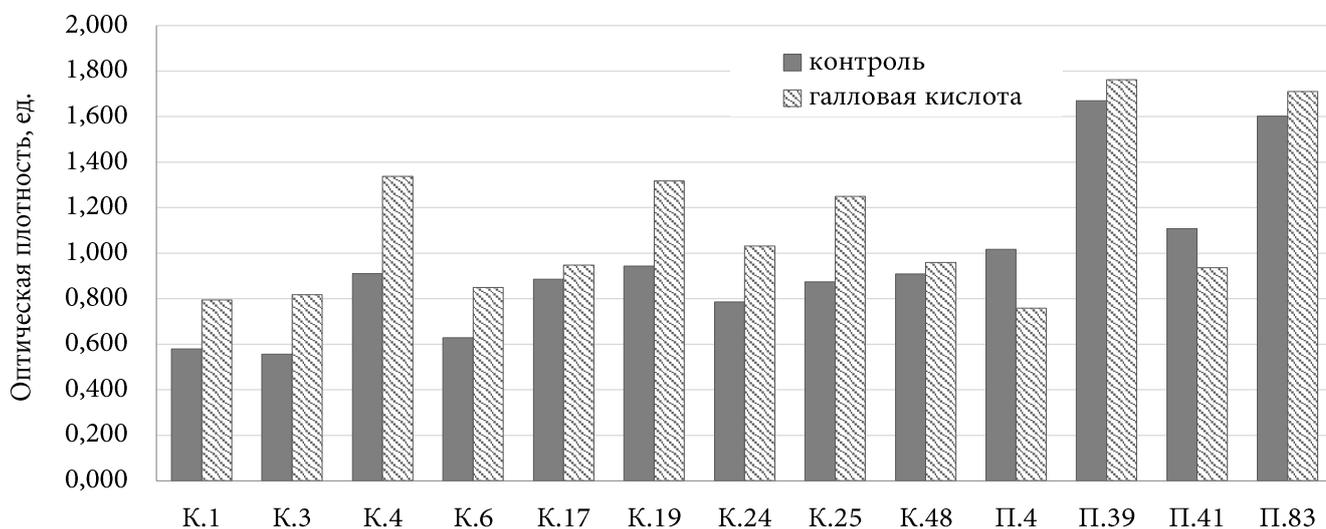


**Рис. 3.** Влияние (+)-катехин гидрата на рост штаммов МКБ

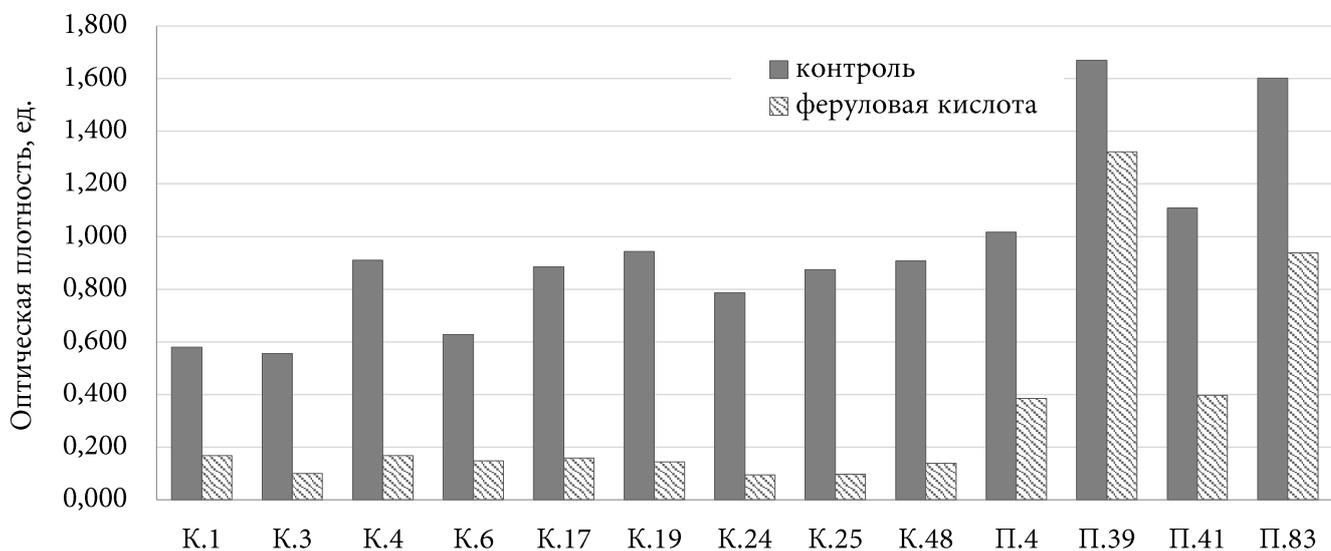
**Fig. 3.** The effect of (+)-catechin hydrate on the growth of LAB strains



**Рис. 4.** Влияние p-кумаровой кислоты на рост штаммов МКБ  
**Fig. 4.** The effect of p-coumaric acid on the growth of LAB strains



**Рис. 5.** Влияние галловой кислоты на рост штаммов МКБ  
**Fig. 5.** The effect of gallic acid on the growth of LAB strains



**Рис. 6.** Влияние транс-феруловой кислоты на рост штаммов МКБ  
**Fig. 6.** The effect of trans-ferulic acid on the growth of LAB strains

сведения о влиянии которых на физиологическую активность МКБ вина наиболее часто встречаются в научных публикациях. Анализ полученных данных показал, что фенольные соединения оказывали разное влияние на физиологическую активность МКБ. В разной степени в зависимости от штамма ингибировали рост МКБ ванилиновая, кофейная, р-кумаровая и транс-феруловая кислоты; стимулировала рост штаммов галловая кислота; не оказывал влияние – (+)-катехина гидрат. В целом гидроксibenзойные кислоты оказывали меньшее влияние на рост штаммов, чем гидроксикоричные.

Как показало исследование, наличие в среде кофейной и транс-феруловой кислот значительно влияло на снижение роста всех штаммов и составило для штаммов *O. oeni* в присутствии кофейной кислоты 73-89 %, в присутствии транс-феруловой кислоты 71-89 %. Штаммы палочковидной формы также были довольно чувствительны к кофейной кислоте и снижение их роста составило 67-85 %, однако по сравнению с *O. oeni* были более устойчивыми к транс-феруловой кислоте, в присутствии которой снижение роста штаммов было на 21-64 %.

Р-кумаровая кислота полностью подавляла рост всех исследуемых штаммов. Полученные нами результаты согласуются с данными других исследователей об ингибирующем действии р-кумаровой, кофейной и транс-феруловой кислот на рост *L. hilgardii* и *O. oeni* и о более сильном эффекте в случае *O. oeni*, чем в случае *L. hilgardii* [3, 11, 27]. Показатель устойчивости штаммов к этим кислотам может служить одним из критериев их отбора для ЯМБ, поскольку МКБ декарбоксилируют фенольные соединения, главным образом транс-феруловую и р-кумаровую кислоты, в летучие фенолы, которые могут оказывать положительное или отрицательное влияние на сенсорные характеристики вина из-за их особого аромата и низкого порога восприятия [12, 28, 29]. Также при рекомендации использования штаммов МКБ в условиях брожения сусла совместно со стартовой культурой дрожжей (ко-инокуляция) следует обращать внимание на синтез ими молочных и уксусных кислот из глюкозы, поскольку в присутствии гидроксикоричных кислот (р-кумаровой, кофейной и транс-феруловой) их количество может увеличиваться [27].

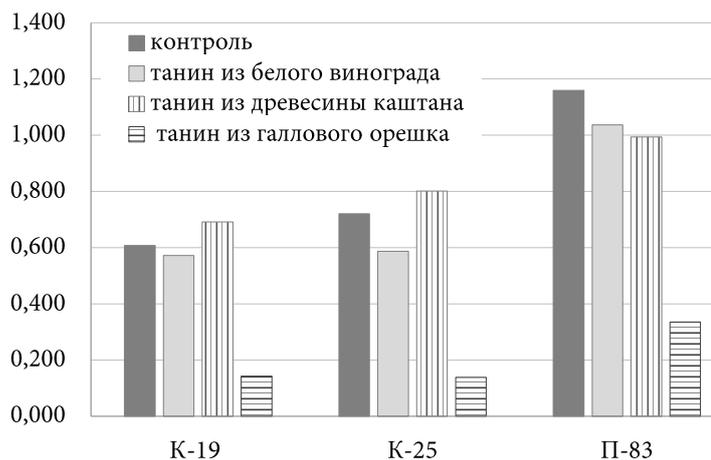
Ванилиновая кислота, как правило, обладает слабым ингибирующим эффектом на рост бактерий (*O. oeni*), не влияя при этом на скорость ЯМБ [13, 14]. В нашем исследовании также отмечен антибактериальный эффект ванилиновой кислоты, который значительно зависел от используемого штамма и его видовой принадлежности. Три штамма из четырех, принадлежащие к видам *L. hilgardii* и *L. paracasei*, снижали рост на 42-48 % по сравнению с контролем, при этом один штамм П.39 (*L. paracasei*) был более всех устойчив к ванилиновой кислоте – его ростовая активность снизилась только на 11 %. Наиболее выраженные штаммовые отличия по устойчивости к ванилиновой кислоте проявились у представителей вида *O. oeni*, для которых снижение роста составляло от 16 до

72 % в зависимости от штамма. Наибольшая ростовая активность в присутствии ванилиновой кислоты отмечена для более кислотоустойчивых штаммов К.4, К.19 и П.39.

Галловая кислота способствовала активизации роста всех штаммов, что согласуется с многочисленными литературными данными [12–14]. Нами отмечено, что стимулирующий эффект в значительной степени может зависеть от применяемого штамма. Среди штаммов *O. oeni* увеличение биомассы по сравнению с контролем для семи штаммов составило 31-47 %, и только для двух штаммов увеличение биомассы было незначительным (6-7%). Для штаммов МКБ палочковидной формы обнаружили меньший отклик на галловую кислоту – увеличение биомассы для двух штаммов составило на 6-7 %, для двух других наблюдали снижение накопления биомассы на 16-25 % по сравнению с контролем.

Результаты нашего исследования также показали, что (+)-катехина гидрат либо не оказывал влияние на рост штаммов *O. oeni*, либо незначительно стимулировал их рост. Из четырех штаммов палочковидной формы отмечено снижение активности для трех штаммов на 20-58 %, один штамм (П.39) был устойчив к данному фенольному соединению. В то же время, в литературе есть данные, которые указывают как на стимулирующий эффект катехина для роста *L. hilgardii* и *O. oeni* [12, 22], так и на возможный ингибирующий эффект [15].

В случае танинной фракции многие винные полифенолы образуют комплексы с другими соединениями, которые имеют тенденцию сводить к минимуму их ингибирующее действие, что позволяет продлиться ЯМБ. Однако в винах, содержащих большую часть только конденсированных танинов, наблюдается сильное ингибирование винных МКБ. Аналогично, когда применяются методы термической экстракции при использовании красных сортов винограда, извлекаются конденсированные дубильные вещества, которые негативно влияют на рост МКБ, и впоследствии – на прохождение ЯМБ [17]. На рис. 7 представлены результаты исследования влияния промышленных танинов на размножение трех штаммов МКБ: двух штаммов *O. oeni* – К.19 и К.25; одного штамма *L. hilgardii* – П.83, выбранные по результатам сенсорной оценки виноматериалов, приготовленных в условиях микровиноделия в сезон 2022-2023 гг. Исследование показало, что танин из виноградной выжимки оказывал незначительный ингибирующий эффект на рост всех исследованных штаммов, а именно: для двух штаммов *O. oeni* снижение роста наблюдали на 6-18 %, для штамма *L. hilgardii* – на 10%. Сильный ингибирующий эффект наблюдали при культивировании всех штаммов в присутствии танина, полученного из галлового орешка, который способствовал снижению роста всех штаммов на 70-85 %. Стимулирующим эффектом обладал танин, полученный из древесины каштана, в присутствии которого рост штаммов усилился на 6-18 %. Таким образом, при выборе танинов при производстве виноматериалов не-



**Рис. 7.** Влияние танинов различного происхождения на рост штаммов МКБ

**Fig. 7.** The effect of tannins of various origins on the growth of LAB strains

обходимо учитывать технологические рекомендации к проведению ЯМБ.

Исследование подтвердило имеющиеся в литературе данные о важной роли фенольных веществ на жизнедеятельность МКБ и, соответственно, на прохождение ЯМБ. Выявленная зависимость эффекта влияния фенольных веществ от применяемого штамма, его видовой принадлежности и отдельного фенольного соединения, указывает на целесообразность проведения оценки устойчивости штаммов МКБ к отдельным фенольным соединениям при проведении селекционных работ. Полученные данные о сильном антибактериальном эффекте *p*-кумаровой кислоты, которые полностью согласуются с результатами других исследователей, позволяют предположить возможность применения полифенолов в качестве альтернативы использованию сульфитов в борьбе с МКБ на этапах приготовления вин.

#### Источник финансирования

Работа выполнена в рамках государственного задания № FEUU-2019-0008.

#### Financing source

The work was conducted under public assignment No. FEUU-2019-0008.

#### Конфликт интересов

Не заявлен.

#### Conflict of interests

Not declared.

#### Список литературы/References

1. Методы теххимического контроля в виноделии / Под ред. Гержиковой В.Г. 2-е изд. Симферополь: Таврида, 2009:1-304.  
Methods of technochemical control in winemaking. Edited by Gerzhikova V.G. 2nd edition. Simferopol: Tavrida. 2009:1-304 (in Russian).
2. Frankel E. N., Waterhouse A.L., Teissedre L.P. Principal phenolic phytochemicals in selected California wines and their antioxidant activity in inhibiting oxidation of human low-density lipoproteins. *J. Agric. Food Chem.* 1995;43:890-894. DOI 10.1021/jf00052a008.

3. Reguant C., Bordons A., Arola L., Roze's N. Influence of phenolic compounds on the physiology of *Oenococcus oeni* from wine. *J. Appl. Microbiol.* 2000;88:1065-1071. DOI 10.1046/j.1365-2672.2000.01075.x
4. Ribeiro De Lima M.T., Kelly M.T., Cabanis M.T., Blaise A. Teneurs en acides phénols, catéchine et épicatechine pour les vins de différentes variétés et millésimes du Portugal continental et des îles des Açores. *J. Int. Sci. Vigne Vin.* 2006;40:1:47-56. DOI 10.20870/oeno-one.2006.40.1.883.
5. Alberto M.R., Farías M.E., Manca de Nadra M.C. Effect of gallic acid and catechin on *Lactobacillus hilgardii* 5w growth and metabolism of organic compounds. *J. Agric. Food Chem.* 2001;49:4359-4363. DOI 10.1021/jf0101915.
6. Cheynier V., Teissedre P.L. Polyphénols En Œnologie: Fondements Scientifiques Et Technologiques). Paris: Technique et Documentation. 1998:323-324.
7. Sabel A., Bredefeld S., Schlander M., Claus H. Wine phenolic compounds: antimicrobial properties against yeasts, lactic acid and acetic acid bacteria. *Beverages.* 2017;3:29:1-14. DOI 10.3390/beverages3030029.
8. Vivas N., Augustin M., Lonvaud-Funel A. Influence of oakwood and grape tannins on the lactic acid bacterium *Oenococcus oeni* (*Leuconostoc oenos*, 8413). *J. Sci. Food Agric.* 2000;80:1675-1678. DOI 10.1002/1097-0010(20000901)80:11<1675::AID-JSFA695>3.0.CO;2-Z.
9. Scalbert A. Antimicrobial properties of tannins. *Phytochem.* 1992;30:3875-3883. DOI 10.1016/0031-9422(91)83426-L.
10. Papadopoulou C., Soutli K., Roussis I.G. Potential antimicrobial activity of red and white wine phenolic extracts against strains of *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* and *Candida albicans*. *Food Technol. Biotechnol.* 2005;43:41-46.
11. Campos F.M., Couto J.A., Hogg T.A. Influence of phenolic acids on growth and inactivation of *Oenococcus oeni* and *Lactobacillus hilgardii*. *J. Appl. Microbiol.* 2003;94:167-174. DOI 10.1046/j.1365-2672.2003.01801.x.
12. Stivala M.G., Vilecco M.B., Enriz D., Fernández P.A. Effect of phenolic compounds on viability of wine spoilage lactic acid bacteria a structure-activity relationship study. *Am J Enol Vitic.* 2017;68:228-233. DOI: 10.5344/ajev.2016.16084.
13. Versari A., Parpinello G.P., Cattaneo M. *Leuconostoc oenos* and malolactic fermentation in wine: A review. *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.* 1999;23:447-455. DOI 10.1038/sj.jim.2900733.
14. Vivas N., Lonvaud-Funel A., Glories Y. Effect of phenolic acids and anthocyanins on growth, viability and malolactic activity of a lactic acid bacterium. *Food Microbiol.* 1997;14:291-300. DOI 10.1006/fmic.1996.0086.
15. García-Ruiz A., Moreno-Arribas M.V., Martín-Álvarez P.J., Bartolomé B. Comparative study of the inhibitory effects of wine polyphenols on the growth of enological lactic acid bacteria. *Int. J. Food Microbiol.* 2011;145:426-431. DOI 10.1016/j.ijfoodmicro.2011.01.016.
16. García-Ruiz A., Cueva C., Gonzales-Rampinelli E.M., Yuste M., Torres M., Martín-Álvarez P.J., Bartolomé B., Moreno-Arribas M.V. Antimicrobial phenolic extracts able to inhibit lactic acid bacteria growth. *Food Control.* 2012;28:212-219. DOI 10.1016/j.foodcont.2012.05.002.
17. Ribéreau-Gayon P., Dubourdiou D., Donéche B., Lonvaud A. Lactic acid bacteria. Handbook of enology: Volume I. The Microbiology of Wine and Vinifications. 2nd Edition. John Wiley&Sons. 2006:115-137.
18. Bloem A., Bertrand A., Lonvaud-Funel A., de Revel G. Vanillin production from simple phenols by wine-associated lactic acid bacteria. *Lett. Appl. Microbiol.* 2007;44:62-67. DOI 10.1111/j.1472-765X.2006.02037.x.

19. Figueiredo A.R., Campos F., de Freitas V., Hogg T., Couto J.A. Effect of phenolic aldehydes and flavonoids on growth and inactivation of *Oenococcus oeni* and *Lactobacillus hilgardii*. *Food Microbiol.* 2008;25:105-112. DOI 10.1016/j.fm.2007.07.004.
20. García-Ruiz A., Bartolomé B., Cueva C., Martín-Álvarez P.J., Moreno-Arribas M.V. Inactivation of oenological lactic acid bacteria (*Lactobacillus hilgardii* and *Pediococcus pentosaceus*) by wine phenolic compounds. *J. Appl. Microbiol.* 2009;107:1042-1053. DOI 10.1111/j.1365-2672.2009.04287.x.
21. Landete J.M., Rodríguez H., De Las Rivas B., Muñoz R. High-added-value antioxidants obtained from the degradation of wine phenolics by *Lactobacillus plantarum*. *J. Food Prot.* 2007;70:2670-2675. DOI 10.4315/0362-028x-70.11.2670.
22. Reguant C., Bordons A., Arola L., Rozès N. Influence of phenolic compounds on the physiology of *Oenococcus oeni* from wine. *J. Appl. Microbiol.* 2000;88:1065-1071. DOI 10.1046/j.1365-2672.2000.01075.x.
23. Bartowsky E.J. Bacterial spoilage of wine and approaches to minimize it. *Lett. Appl. Microbiol.* 2009;48:149-156. DOI 10.1111/j.1472-765X.2008.02505.x.
24. Salih A.G., Le Quére J.M., Drilleau J.F. Action des acides hydroxycinnamiques libres et estérifiés sur la croissance des bactéries lactiques. *Sciences des Aliments.* 2000;20:537-560. DOI 10.3166/sda.20.537-560.
25. Танащук Т.Н., Шаламитский М.Ю., Погорелов Д.Ю. Оценка штаммов молочнокислых бактерий по способности усваивать L-яблочную кислоту // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2019;21(4):328-332. DOI 10.35547/IM.2019.21.4.010.
26. Танащук Т.Н., Шаламитский М.Ю., Погорелов Д.Ю. Evaluation of strains of lactic acid bacteria for capability to assimilate L-malic acid. *Magarach. Viticulture and Winemaking.* 2019;21(4):328-332. DOI 10.35547/IM.2019.21.4.010 (in Russian).
26. Танащук Т.Н., Шаламитский М.Ю., Загоруйко В.И. Скрининг природных штаммов молочнокислых бактерий вина по устойчивости к pH, температуре и спирту // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2022;24(1):55-62. DOI 10.35547/IM.2022.86.57.009.
26. Tanashchuk T.N., Shalamitskiy M.Yu., Zagoruiko V.I. Screening of original strains of lactic acid bacteria in wine by resistance to pH, temperature and alcohol. *Magarach. Viticulture and Winemaking.* 2022;24(1):55-62. DOI 10.35547/IM.2022.86.57.009 (in Russian).
27. Campos F.M., Figueiredo A.R., Hogg T.A., Couto J.A. Effect of phenolic acids on glucose and organic acid metabolism by lactic acid bacteria from wine. *Food Microbiol.* 2009;26:409-414. DOI 10.1016/j.fm.2009.01.006.
28. Etie'vant P.X., Issanchou S., Marie S., Ducruet V., Flanzly C. Sensory impact of volatile phenols on red wine aroma: influence of carbonic maceration and time of storage. *Sciences des Aliments.* 1989;9:19-33.
29. Liu S.-Q. Malolactic fermentation in wine – beyond deacidification. *J. Appl. Microbiol.* 2002;92:589-601. DOI 10.1046/j.1365-2672.2002.01589.x.

### Информация об авторах

**Татьяна Николаевна Танащук**, канд. техн. наук, вед. науч. сотр. лаборатории микробиологии; e-мейл: magarach\_microbiol.lab@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7847-1246>;

**Максим Юрьевич Шаламитский**, канд. техн. наук, науч. сотр. лаборатории микробиологии; e-мейл: mshalamitskiy@yahoo.com; <https://orcid.org/0000-0001-5888-6228>;

**Валентина Ивановна Загоруйко**, вед. инженер лаборатории микробиологии;

**Карина Александровна Семенова**, мл. науч. сотр.; e-мейл: karina.semenova.2013@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0271-1290>.

### Information about authors

**Tatiana N. Tanashchuk**, Cand. Tech. Sci., Leading Staff Scientist, Laboratory of Microbiology; e-mail: magarach\_microbiol.lab@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7847-1246>;

**Maksim Yu. Shalamitskiy**, Cand. Tech. Sci., Staff Scientist, Laboratory of Microbiology; e-mail: mshalamitskiy@yahoo.com; <https://orcid.org/0000-0001-5888-6228>;

**Valentina I. Zagoruiko**, Leading Engineer, Laboratory of Microbiology;

**Karina A. Semenova**, Junior Staff Scientist, Laboratory of Microbiology; e-mail: karina.semenova.2013@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0271-1290>.

Статья поступила 21.10.2023, одобрена после рецензии 11.11.2023, принята к публикации 22.11.2023.