

УДК 663.813:634.11

DOI: 10.46548/21vek-2020-0951-0018

## ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ОСВЕЩЕНИЯ ПЛОДОВОГО ВИНА МЕТОДОМ МИКРОФИЛЬТРАЦИИ НА ПЛОСКОЛИСТОВЫХ МЕМБРАННЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

© 2020

**Кувшинова Ольга Александровна**, кандидат технических наук, доцент,  
доцент кафедры механизации переработки сельскохозяйственной продукции

**Березин Михаил Александрович**, кандидат технических наук,  
доцент кафедры механизации переработки сельскохозяйственной продукции

**Кувшинов Алексей Николаевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры мобильных энергетических  
средств и сельскохозяйственных машин имени профессора А.И. Лещанкина

**Репин Андрей Дмитриевич**, аспирант кафедры механизации переработки сельскохозяйственной продукции  
*Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва*  
(430005, Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, 68, e-mail: olga-kuvshinova@rambler.ru)

**Аннотация.** Плодовое вино может быть рекомендовано к умеренному потреблению с пользой для здоровья человека, благодаря наличию в его составе ряда полезных веществ. При производстве вина из яблок негативной стороной процесса брожения сула является помутнение продукта, что вызвано многообразием биохимических превращений, при формировании основных компонентов. Для осветления виноматериала применяют ультразвук, мембранное фильтрование, электродиализ, обработку электромагнитным полем, инфракрасными лучами, СВЧ и др. Целью работы является изучение микрофильтрационного осветления яблочного вина и физико-механических показателей продукта до и после фильтрации. Объектом исследования является яблочное вино, изготовленное по классической технологии в лабораторных условиях. Полученная зависимость проницаемости мембран при фильтрации яблочного вина от фактора объемного концентрирования ретентата при  $T = 25^{\circ}\text{C}$  свидетельствует, что снижение коэффициента проницаемости примерно на 16...18% в процессе фильтрации обусловлено образованием и ростом гелевого слоя на поверхности мембран и имеет экспоненциальный характер. Изученные зависимости плотности проб яблочного вина до и после микрофильтрации в исследуемом диапазоне температур подчиняются линейному закону и отличаются незначительно. Полученная зависимость динамической вязкости вина, не содержащего дисперсной фазы, показывает, что благодаря удалению компонентов, вызывающих коллоидные помутнения, обеспечивается производство стабильного вина. По реологическим характеристикам яблочное вино относится к классу ньютоновских сред с зависимостью реологических параметров от концентрации растворенных веществ. Степень снижения проницаемости для плосколистных мембран составляет примерно 15...19%. После каждой мойки при следующей фильтрации показатели ухудшаются в пределах 3...5%. При этом после регенерации величины расходов пермеата и коэффициентов проницаемости возрастают. Рекомендовано перед микрофильтрацией проводить предварительную ферментацию виноматериала.

**Ключевые слова:** мембранная технология, микрофильтрация, осветление, фруктовое вино, физико-механические показатели, динамическая вязкость.

## STUDY OF FRUIT WINE CLARIFICATION PROCESS BY MICROFILTRATION ON FLAT-SHEET MEMBRANE ELEMENTS

© 2020

**Kuvshinova Olga Alexandrovna**, cand. sci., associate Professor, associate Professor of the Department of  
Mechanization of Agricultural Products Processing

**Berezin Mikhail Alexandrovich**, cand. sci., associate Professor of the Department of Mechanization of  
Agricultural Products Processing

**Kuvshinov Aleksey Nikolaevich**, cand. sci., associate Professor of the Department of Mobile Energy Means  
and Agricultural Machines named after prof. A.I. Leshchankin

**Repin Andrey Dmitrievich**, postgraduate student of the Department of Mechanization of Agricultural Products  
Processing

*Mordovia State University named after N.P. Ogareva*  
(430005, Russia, Saransk, Bolshevitskaya, 68, e-mail: olga-kuvshinova@rambler.ru)

**Abstract.** Fruit wine can be recommended for moderate consumption with health benefits, due to the presence of a number of useful substances in its composition. When producing wine from apples, the negative side of the wort fermentation process is the haze of the product, which is caused by a variety of biochemical transformations, when forming the main components. Ultrasound, membrane filtration, electrodialysis, treatment with electromagnetic field, infrared rays, microwave, etc. are used to clarify wine material. The purpose of the work is to study microfiltration of apple wine and physical and mechanical parameters of the product before and after filtration. The object of the study is apple wine made using classical technology in laboratory conditions. The obtained dependence of the permeability of membranes during filtration of apple wine on the factor of volume concentration of retentate at  $T = 25^{\circ}\text{C}$  indicates that the decrease in permeability coefficient by about 16... 18% during filtration is due to the formation and growth of a gel

layer on the surface of membranes and has an exponential character. The studied dependencies of the density of apple wine samples before and after microfiltration in the investigated temperature range obey the linear law and differ slightly. The obtained dependence of the dynamic viscosity of a wine that does not contain a dispersed phase shows that by removing components causing colloidal haze, stable wine production is ensured. Conclusions. According to rheological characteristics, apple wine belongs to the class of Newtonian media with a dependence of rheological parameters on the concentration of solutes. The degree of decrease in permeability for flat-sheet membranes is approximately 15...19%. After each wash at the next filtration, the indicators deteriorate within 3...5%. After regeneration permeate flow rates and permeation coefficients increase. Prefermentation of wine material is recommended before microfiltration.

**Keywords:** membrane technology, microfiltration, clarification, fruit wine, physical and chemical indicators, dynamic viscosity.

**Введение.** Одним из перспективных направлений переработки плодов и ягод является развитие качественного плодово-ягодного виноделия [1]. На вкусовые и питательные качества вина большое воздействие оказывают физико-механические свойства и сорт исходного сырья, методика извлечения и предварительной обработки сока, в том числе применение дрожжей и ферментации, срок выдержки и способ осветления вина. Наличие в вине дубильных веществ, органических кислот, ферментов и витаминов позволяет рекомендовать продукт к умеренному потреблению с пользой для здоровья человека. В яблочном соке общее количество коллоидов составляет 5...7 г/дм<sup>3</sup>, содержание калия до 150 мг/100 см<sup>3</sup> и железа до 2 мг/100 см<sup>3</sup>.

В яблочном соке, в отличие от виноградного и других соков, содержится мало азотистых соединений в усвояемой форме. Данный факт влияет на повышение срока брожения. Процесс ферментации яблочного сусла отличается разнообразием биохимических превращений, в ходе которых создаются основные элементы, инициирующие помутнение продукта [2].

Одним из важных вопросов яблочного виноделия считается осветление исходного сока и получаемого виноматериала. В яблоках содержится большое количество полисахаридов, которые обладают высокой гелеобразующей способностью, повышают мутность и вязкость нативного яблочного сока, а так же усложняют его фильтрацию [3-7].

Осветление соков, виноматериалов и собственно вина необходимо для выполнения следующих задач: предварительной очистки (для облегчения последующего отделения взвешенных частиц мякоти); стабилизации продукта удалением веществ, вызывающих помутнение; в ряде случаев – улучшения органолептических свойств.

Плодовый виноматериал осветляют особыми веществами, которые абсорбируют ненужные частицы, заставляя их выпасть в осадок. В мировой практике виноделия также применяют ультразвук, мембранное фильтрование, электродиализ, обработку электромагнитным полем, инфракрасными лучами, СВЧ и другие [8-16].

Используемые приемы в разной степени воздействуют на вкусовые качества, а также приводят к потере части ценных веществ, связанных с полифенольными комплексами. В свою очередь, это снижает пищевую ценность вина и его органолептические

показатели.

Наиболее перспективным направлением является мембранная фильтрация, которая позволяет удалять высокомолекулярные компоненты (например, белки и крахмал) и взвешенные твердые частицы. Микрофильтрация обеспечивает высокую рентабельность и качество продукта, являясь хорошей заменой традиционного процесса.

Перед фильтрацией вино необходимо ферментировать для понижения содержания пектина, далее – предосветлить с целью оптимизации процесса мембранной фильтрации. Рекомендуемые процедуры позволяют получить превосходное качество, высокий выход продукта и оптимальную производительность. Установлено, что осветления плодово-ягодных соков и вин с помощью мембранной технологии позволяет предотвратить их помутнение в процессе хранения и соответственно увеличить его допустимый срок [17].

В данной работе представлены результаты изучения микрофильтрационного осветления яблочного вина и физико-механических показателей продукта до и после фильтрации.

**Материалы и методы исследования.** Объектом исследования является плодородное яблочное вино, изготовленное в лабораторных условиях по классической технологии в 2019 году.

Тщательно отсортированные и промытые яблоки (сорта Антоновка) измельчали в лабораторной двухшнековой соковыжималке *Angel*. Полученную мезгу выдерживали в резервуаре 20 мин при температуре 50°C, затем ее охлаждали до 30°C и прессовали для получения сока. Отпрессованный сок осветляли с помощью нутч-фильтра. Для приготовления сусла осветленный сок смешивали в необходимых пропорциях согласно известной рецептуре [19]. При этом добавляли воду для снижения кислотности и сахар, необходимый для начала процесса сбраживания. Также вносили азотистое питание в виде водного раствора аммиака (концентрация 25%) в количестве 0,2 мл/л и разводку чистой культуры винных дрожжей в количестве 3% от объема сусла. Сахар вносили в 2 этапа: в начале производства вина и через 14 дней. Сбраживание сусла вели до остаточного содержания сахара не более 0,5%. Далее полученный виноматериал сливали с осадка и отстаивали при температуре 5°C в течение 10 дней. Затем по истечении недели фильтровали, разливали по стерилизованным бутылкам и укупоривали пробками.

Основной процесс фильтрования яблочного вина

проводили с использованием плосколистовых мембранных элементов *Alfa Laval-MF0,45PP* (с отсечкой 0,45 мкм, общая площадь фильтрации 0,0173 м<sup>2</sup>) на лабораторной установке *Lab Unit M20*. Процесс осветления продукта включал серию из шести циклов «фильтрация вина – мойка» с отбором фильтрата при температуре 25°С и трансмембранном давлении 0,155 МПа. При этом не допускалось снижение производительности мембранной установки по пермеату ниже 80...75% от паспортной. Важным этапом исследования являлась оценка эффективности химической мойки мембранных элементов средствами компаний *Diversey* (США).

Микрофильтрация велась с автоматическим фиксированием давления на входе и выходе трансмембранного канала, а также производительности по пермеату и ретентату. По завершении цикла фильтрации отбирались пробы для определения кислотности и жесткости ретентата и пермеата, установления присутствия микрофлоры. Продолжительность эксперимента не превышала 8 ч. [19].

Ополаскивание мембранной установки производилась с определением значения коэффициента проницаемости по дистиллированной воде. Вода подготавливалась на установке *Alfa Laval PilotUnit 2.5"* с применением обратноосмотических спиральных элементов.

Регенерация мембранных элементов рекомендована при снижении проницаемости свыше на 20 %. При химическом способе в качестве моющих средств выбраны: щелочное *Divos 116*; кислотное *Divos 2*; ферментное *Divos 80-2* со щелочной добавкой *Divos 95*.

Оценка физико-механических показателей яблочного вина проводилась по показателям: плотность с использованием вибрационного плотномера *ВИП-2М* [20]; вязкость определялась шариковым вискозиметром

фирмы *HAAKE*; активная кислотность *pH* измерялась на иономере с комбинированным электродом *HANNA*; контроль содержания растворенных веществ осуществлялся с помощью *TDS*-метра *TDS-3* компании *HM Digital*.

Исследование зависимости плотности продукта от температуры в интервале от 20 до 50°С проводилось на 5 пробах (в трех повторных измерениях первичных данных) на вибрационном плотномере *ВИП-2М* [21].

Микровискозиметр (Германия) позволяет использовать образцы жидких сред очень малого объема (менее 0,5 см<sup>3</sup>). При измерении вязкости прибор фиксирует время (в миллисекундах) падения стального позолоченного шара между двумя световыми барьерами. Необходимая температура измерения поддерживается термостатом.

Ньютоновская вязкость рассчитывается по следующей формуле:

$$\mu = k(\rho_{ш} - \rho_{ж})t$$

где  $k$  – калибровочный коэффициент, определяемый путем измерения времени падения шарика в ньютоновской жидкостью с известной вязкостью, мПа·см<sup>3</sup>/г;  $\rho_{ш} = 7,08$  и  $\rho_{ж}$  – плотность материала шара и жидкости, г/см<sup>3</sup>;  $t$  – среднее значение времени падения шара, с.

Для предварительного подбора мембранных элементов и последующей разработки процесса осветления вина необходимо изучить размеры частиц дисперсной фазы яблочного вина. Данный анализ проведен на лазерном анализаторе *LaSca* в автоматическом режиме [22].

**Результаты исследования.** В ходе микрофильтрации яблочного плодового вина была получена зависимость проницаемости мембран при фильтрации продукта от фактора объемного концентрирования ретентата при  $T = 25^\circ\text{C}$  (рис. 1).

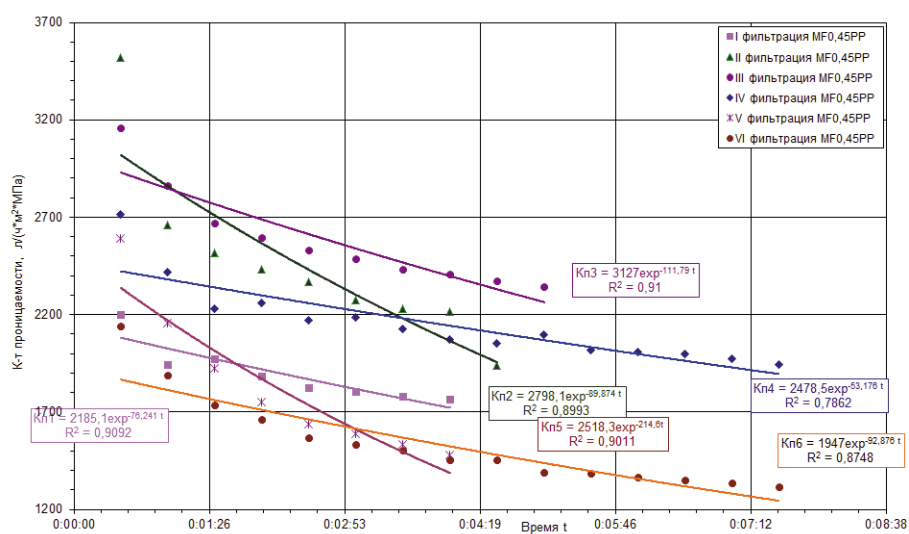


Рисунок 1 – Проницаемость MF-мембран по вину плодovому яблочному

Полученные данные показывают, что в ходе микрофильтрации снижение коэффициента проницаемости мембран происходит экспоненциально примерно на 16...18 %.

Наиболее вероятно, это связано с образованием и ростом гелевого слоя на поверхности мембранных элементов.

Зависимость коэффициента проницаемости от

среднего давления в канале ретентата при фильтрации воды при  $T = 26^\circ\text{C}$  представлена на рисунке 2. Расход пермеата и коэффициент проницаемости растет после химической очистки мембран. Можно сделать вывод, что режим регенерации мембран, состоящий из промывки ферментным, кислотным и щелочным моющими средствами фирмы *Diversey*, а также ополаскивания водой до нейтрального уровня  $pH$ , подобран правильно.

После мембранного осветления фильтрат светло-желтый, прозрачный, с ароматом терпкий яблок. Вкус фильтрата полный, игристый, сладкий, практически без потери сахара и кислотности. Объемная доля этилового спирта 5,2%. Массовая концентрация сахаров 45 г/дм<sup>3</sup>.

В результате мембранного осветления при хранении в течение 12 месяцев при температуре  $10^\circ\text{C}$  хи-

мический состав и вкусовые качества продуктов не изменились.

Изучена зависимость плотности вина от температуры на пробах вина до и после микрофильтрации. Результаты типичных зависимостей для фильтрата представлены на рисунке 3, а. Из графиков видно, что плотности проб плодового вина в исследуемом диапазоне температур подчиняются линейному закону и отличаются незначительно.

На втором этапе изучена зависимость динамической вязкости вина, не содержащего дисперсной фазы. Полученные типичные зависимости динамической вязкости плодового вина представлены на рисунке 3, б.

На лазерном анализаторе размеров дисперсных частиц «ЛАСКА-1К» гранулометрическим методом получены значения количества фильтруемых частиц плодового вина и представлены в таблице 1.

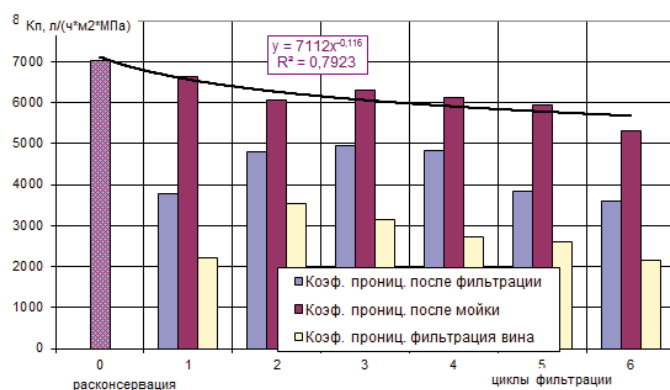
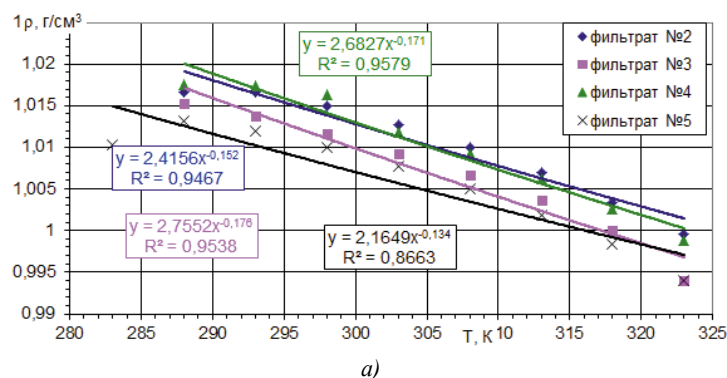
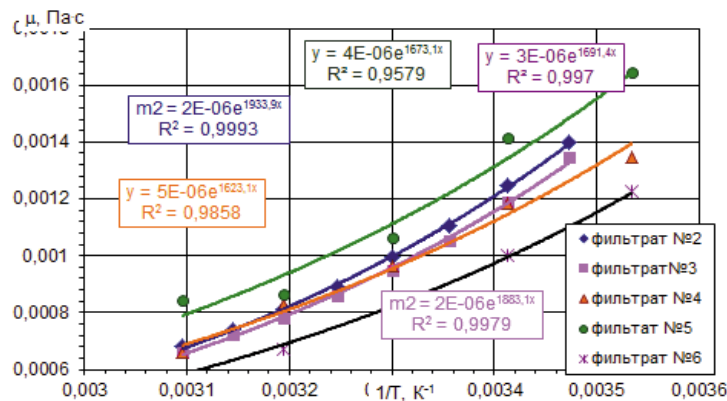


Рисунок 2 – Изменение коэффициента регенерации по воде мембран Alfa Laval-MF по циклам «фильтрация яблочного плодового вина – мойка»



а)



б)

Рисунок 3 – Результаты исследования фильтрата плодового вина: а – плотности; б – динамической вязкости

Таблица 1 – Значение размеров частиц дисперсной фазы яблочного вина

проба	Ретентат №1	Фильтрат №1	Ретентат №2	Фильтрат №2	Ретентат №3	Фильтрат №3	Ретентат №4	Фильтрат №4	Ретентат №5	Фильтрат №5	Исходная
d <sub>0,2</sub> , мкм	0,5136	19,87	9,519	0,7994	0,8799	0,7281	0,6387	0,3292	0,725	1,171	0,399
d <sub>10</sub>	0,2087	12,71	3,79	0,389	0,3658	0,2311	0,3577	0,2266	0,3794	0,503	0,204
d <sub>25</sub>	0,4164	15,41	5,438	0,5834	0,5486	0,4623	0,5365	0,4531	0,5692	0,755	0,409
d <sub>50</sub>	0,6245	19,26	8,24	0,779	0,7315	0,6934	0,7153	0,6797	0,7589	1,007	0,613
d <sub>75</sub>	0,8327	23,5	12,03	0,9224	1,097	0,9245	0,8942	0,9062	0,9486	1,51	0,818
d <sub>90</sub>	1,041	28,51	17,3	1,361	1,463	1,387	1,073	1,133	1,328	2,014	1,023
SKO	0,1748	43,06	0,313	0,394	0,2477	0,9631	0,2356	2,501	0,3596	3,876	0,248

На основании проведённых исследований для производства стабильного плодового яблочного вино-материала рекомендуется перед микрофильтрацией проводить предварительную ферментацию. Благодаря максимальному удалению компонентов, вызывающих коллоидные помутнения, на стадии сбраживания сока, обеспечивается производство стабильного вина [3].

**Заключение.** Установлено, что по реологическому поведению плодородное яблочное вино относится к классу ньютоновских сред с зависимостью реологических характеристик от концентрации растворенных веществ. Получены значения плотности дисперсной фазы, фильтрата и ретентата плодового вина с различным содержанием дисперсной фазы в диапазоне температур 15...50 °С. Исследованы размеры частиц носителей и частиц дисперсной фазы для корректировки выбора плосколистных полимерных мембран.

Степень снижения проницаемости для плосколистных мембран составляет примерно 15...19 %. После каждой мойки при следующей фильтрации показатели ухудшаются в пределах 3...5 %. При этом после регенерации величины расходов пермеата и коэффициентов проницаемости возрастают.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Назарова Н.Е., Залетова Т.В., Зубова Е.В., Кулагина К.А. Технология производства купажных плодово-ягодных вин // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81, № 4. С. 117–121. DOI: <http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-4-117-121>.
2. Агеева Н.М., Прах А.В., Ширшова А.А., Аванесьянц Р.В. [и др.] Совершенствование технологии производства и стабилизации фруктовых вин // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2019. № 55 (1). С. 131–143.
3. Бахарев В.В., Киселева Н.А. Исследование возможности использования диких дрожжей при производстве яблочных вин // Известия Высших учебных заведений. Пищевая технология. 2015. № 4 (346). С. 50–53.
4. Bhattacharjee C., Saxena V.K., Dutta S. Fruit juice processing using membrane technology: A review // Innovative food science & emerging technologies. 2017. Vol. 43. P. 136–153. DOI: 10.1016/j.ifset.2017.08.002.
5. Roberto Castro-Munoz. Chapter 5 – Membrane technologies for the production of nonalcoholic drinks // Trends in Non-alcoholic Beverages. 2020. P. 141–165. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816938-4.00005-7>.
6. Понедельченко А.А. Влияние ультразвука на кислотность вина и вино-материалов в процессе осветления в трубчатых мембранных фильтрах // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2016. № 3 (69). С. 26–29.
7. Агеева Н.М., Киян А.Т., Панарин В.М. Осветление и стабилизация вин с помощью отечественных бентонитов // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2019. № 59 (5). С. 144–154.
8. Azar RISL, Morales MD, Maitan-Alfenas GP, Falkoski DL

[et al.]. Apple juice clarification by a purified polyga-lacturonase from Calonectria pteridis // Food and bioproducts processing. 2020. T. 119. P. 238–245. DOI: 10.1016/j.fbp.2019.11.013.

9. Miyawaki O., Gunathilake M., Omote C., Koyanagi T. [et al.] Progressive freeze-concentration of apple juice and its application to produce a new type apple wine // Journal of Food engineering. 2016. T. 171. P. 153–158. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2015.10.022

10. Мамедов Б.А., Мамедова А.Р., Фаталиев Х.К. Усовершенствование установки для криообработки соков и вин // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2020. № 2. С. 110–114.

11. Гержикова В.Г., Кулёв С.В., Сильвестров А.В., Чаплыгина Н.Б. [и др.] Изменение значений физико-химических показателей при поточной обработке вино-материалов, склонных к коллоидным и кристаллическим помутнениям // Русский виноградарь. 2018. Т. 7. С. 172–178.

12. Иванов В.Н., Ахромеева Н.А. Физические и химические методы стабилизации вина против кристаллического помутнения // Colloquium-journal. 2020. № 23-1 (75). С. 33–34.

13. Кашкара К.Э., Кашкара Г.Г., Гугучкина Т.И. Стабилизация вина к кристаллическим помутнениям с помощью электродиализа // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2018. № 50 (2). С. 123–135.

14. Апель П.Ю., Бобрешова О.В., Волков А.В., Волков В.В. [и др.] Перспективы развития мембранной науки // Мембраны и мембранные технологии. 2019. Т. 9. № 2. С. 59–80.

15. Подгорнова Н.М., Петров С.М. Применение керамических мембран при осветлении и пастеризации соков для детского питания // Инновационные технологии производства и хранения материальных ценностей для государственных нужд. 2019. № 12 (12). С. 199–203.

16. Загоруйко В.А., Сильвестров А.В., Виноградов В.А. Применение флотационного эжекторного способа для осветления виноградного сула и яблочного сока // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». 2015. № 8. С. 95–96.

17. Кувшинова О.А., Репин А.Д. Результаты осветления яблочного сока ультразвуком // Инновации в сельском хозяйстве. 2019. № 2 (31). С. 244–250.

18. Домашнее вино из яблок по технологии виноделов. [Загл. с экрана]. – Режим доступа: <https://therumdiary.ru/napitki/vina/domashnee-vino-iz-yablok-po-technologii-vinodelov.html>. (Дата обращения 20.07.20).

19. Кувшинова О.А., Водяков В.Н., Репин А.Д. Мембранная технология осветления яблочного сока // Сельский механизатор. 2019. № 2. С. 28–29.

20. Ледяйкина Н.А. Методика работы на плотномере ВИП-2М для исследования физических характеристик продуктов пищевой промышленности // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы: мат-лы Междунар. науч.-практ. конф. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2016. С. 281–287.

21. Кувшинова О.А., Сардаева М.Н. Методика работы на лазерном анализаторе «ЛАСКА-1К» // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы: межвузовский сборник научных трудов. Саранск, 2016. С. 268–273.

Статья поступила в редакцию 21.10.2020

Статья принята к публикации 11.12.2020